

163

Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu

Beheerseenheid van het Mathematisch Model Noordzee

Stofdossier 1 : kwik

I Z W O

Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek (vzw)

Institute for Marine Scientific Research

Prinses Elisabethlaan 69

B - 8450 BREDENE BELGIUM

Tel. + 32-(0) 59 - 32 37 15 Fax + 32-(0) 59 - 32 08 96

KWIK

M. DEVOLDER, Ph. D'HONDT en G. VERREET

Eerste draft : juni 1991

M

Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu

Beheerseenheid van het Mathematisch Model Noordzee

Stofdossier 1 : kwik

KWIK

39826

M. DEVOLDER, Ph. D'HONDT en G. VERREET

Eerste draft : juni 1991

INHOUDSTAFEL

1.	Inleiding	3
2.	Natuurlijk voorkomen van kwik	4
2.1.	Fysische en chemische eigenschappen	
2.2.	Vormen van voorkomen	
2.3.	Achtergrondgehalten	
3.	Productie	8
3.1.	Proces	
3.2.	Productie op wereldvlak	
3.3.	Productie in België	
4.	Toepassingen	12
4.1.	Chlooralkali-industrie	
4.2.	Non-ferro industrie	
4.3.	Katalysatoren	
4.4.	Fosfaatmeststoffen industrie	
4.5.	Bestrijdingsmiddelen	
4.6.	Farmaceutische produkten	
4.7.	Laboratoria	
4.8.	Tandheelkundige verzorging	
4.9.	Elektrische apparatuur en controle-instrumenten	
5.	Kwikblootstelling en effecten	25
5.1.	Toxiciteit van organische kwikverbindingen in zoogdieren	
5.2.	Kwikblootstelling van de mens	
6.	Emissies	29
6.1.	Emissiebronnen	
6.2.	Totale inbreng in de Noordzee	
7.	Gedrag en concentraties van kwik in de verschillende milieukompartimenten	57
7.1.	Atmosfeer	
7.2.	Water	
7.3.	Bodems en sedimenten	
7.4.	Akwatische en land biota	

8.	Alternatieven	75
8.1.	Chlooralkali-industrie	
8.2.	Non-ferro industrie	
8.3.	Landbouwbestrijdingsmiddelen	
8.4.	Laboratoria	
8.5.	Tandheelkundige verzorging	
8.6.	Thermometers	
8.7.	Batterijen	
9.	Beleid	80
9.1.	Wetgeving	
9.2.	Ontwikkelingen	
10.	Besluit	90
11.	Geraadpleegde bronnen	92
12.	Lijst van figuren	99
13.	Lijst van tabellen	100

I Z W O

Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek (vzw)
Institute for Marine Scientific Research
Prinses Elisabethlaan 69
B - 8450 BREDENE BELGIUM
Tel. + 32 - (0) 59 - 32 57 15 Fax + 32 - (0) 59 - 32 08 96

1. INLEIDING

Kwik is een natuurlijk metallisch element dat zowel door natuurlijke processen (vulkanische activiteit, verwerking) als door menselijke activiteiten in het milieu terecht komt.

Door natuurlijke processen waarvan vulkanen en het uitspoelen en eroderen van kwikbevattende gesteenten de belangrijkste zijn, komt jaarlijks zo'n 30.000-40.000 ton kwik terecht in de lucht, de regen, het zoetwater, de zeeën en op deze manier in de bodems, de sedimenten, de planten en de dieren. Aangezien jaarlijks op wereldvlak ongeveer 11.000 ton kwik gebruikt wordt, lijkt de geschatte totale jaarlijkse inbreng van kwik door de mens klein in vergelijking met die van de natuurlijke processen. De Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (1983) spreekt van een jaarlijkse inbreng in het milieu door de mens van 5.000 ton. Volgens Eurochlor (1990) echter komt jaarlijks reeds 10.000 ton kwik in het milieu door de metaalverwerkende industrie en de verbranding van fossiele brandstoffen en 7.000 ton door de mijnbouw. Ook een Nederlandse studie (Coördinatie-commissie voor de metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen) schat de menselijke belasting hoger (18.000 ton).

Sedert het midden van de jaren zestig is algemeen bekend dat het kwikgebruik door de mens regionaal of lokaal tot zeer hoge concentraties kwik kan leiden die grote risico's inhouden voor talrijke organismen, waaronder ook de mens. Zweden was het eerste land dat tot die konklusie kwam tijdens een onderzoek naar het kwikniveau in vogels. Het bleek dat het kwik aanwezig was onder de vorm van methylkwik. Ook vis kan hoge concentraties kwik onder de vorm van methylkwik bevatten. Verder onderzoek toonde aan dat anorganische kwikverbindingen gebiomethyleerd kunnen worden tot organische kwikverbindingen, waaronder het zeer toxische methylkwik.

Deze stofstudie werd opgesteld naar aanleiding van de tijdens de Derde Noordzee Ministerskonferentie (Den Haag, 7 en 8 maart 1990) afgesproken maatregelen, met als doel een reductie van 70 % of meer te bereiken van de totale input van kwikverbindingen in het mariene milieu tussen 1985 en 1995.

Het rapport is bedoeld als ondersteuning van het beleid dat erop gericht is de doelstellingen van de Noordzee Ministerskonferentie te verwezenlijken.

2. NATUURLIJK VOORKOMEN VAN KWIK

2.1. Fysische en chemische eigenschappen

- Kwik is een metaal van de groep IIb van de periodieke tabel van de elementen.
- Kwik neemt een aparte plaats in onder de metalen omdat het zelfs bij gewone temperaturen vloeibaar is (smeltpunt - 38,9 °C).
Als zodanig heeft het een kleine dampspanning. Kwik verdampt vlug onder vorming van toxische kwikdampen die alle metalen, uitgezonderd ijzer, korroderen.
- Met de meeste metalen vormt kwik legeringen die amalgamen worden genoemd.
- Kwik lost op in zuren onder vorming van één- en tweewaardige verbindingen.
- Kwik is een persistent element en kan dus niet gedegradeerd worden tot onschadelijke produkten. Zolang het niet vastgelegd wordt in gesteenten en als dusdanig geïsoleerd wordt uit het leefmilieu, kan kwik dus voortdurend deelnemen aan de fysische, chemische en biologische processen in het milieu.
- Wit glanzend metaal.
- Atoomnummer : 80
- Atoomgewicht : 200,59
- Kookpunt : 356,9 °C/760 mm
- Dichtheid : 13,57 kg/l

2.2. Vormen van voorkomen

Kwik kan in 3 oxydatietoestanden voorkomen. Metallisch kwik Hg(0) komt voor maar is eerder zeldzaam. Toch kunnen de andere vormen van kwik Hg(I) en Hg(II) omgezet worden tot Hg(0). Kwik bestaat ook als uitwisselbare anorganische of humuskomplexen of als stabiele kwiksulfiden en thiozouten.

Hg(0) kan geoxydeerd worden tot anorganische kwikzouten, in het bijzonder haliden en sulfaten, als gevolg van natuurlijke uitlogings- en verweringsprocessen in rotsen, ertsen, bodems en alluvia. Onder bepaalde omstandigheden kan kwiksulfide (in de natuur aanwezig als het mineraal cinnaber) geoxydeerd worden tot het beter oplosbare kwiksulfaat.

Het in de natuur voorkomend kwik en het meeste kwik afkomstig van industriële lozingen is anorganisch. De stabiele vormen van kwik in water zijn $\text{Hg}(\text{OH})_2$ en HgCl_2 . De pH en de hoeveelheid chloriden bepalen de dominerende vorm.

Tabel 1 geeft de relatieve aanwezigheid (%) weer van anorganische kwikverbindingen in zeewater ($[\text{Cl}] = 0,7 \text{ M}$) en estuarien water ($[\text{Cl}] = 0,2 \text{ M}$).

verbinding	zeewater	estuarien water		
		pH 6	pH 7	pH 8
HgCl_4^{2-}	65,8	-	-	-
HgCl_3Br^-	12,3	-	-	-
HgCl_3^+	12,0	0,1	0,1	-
HgCl_2Br^-	4,3	-	-	-
HgCl_2	3,0	91,1	34,1	0,1
HgClBr	1,1	-	-	-
HgOHCl	0,2	8,5	49,4	6,2
HgCl^+	-	0,2	0,1	-
$\text{Hg}(\text{OH})_2$	-	0,2	16,4	93,7

Tabel 1 : relatieve aanwezigheid (%) van anorganische kwikverbindingen in zeewater en estuarien water (gegevens van Dyrssen en Wedborg, 1980, geciteerd in TWG 17/18/3)

Uit tabel 1 blijkt dat praktisch al het opgeloste kwik in zeewater en in de meeste estuariene wateren onder de vorm van chloorkomplexen voorkomt.

Organische zuren (amino- en fulvozuren) en de methylradikaal kunnen combineren met kwik. In zeewater is de relatieve verhouding van organokwikverbindingen tot totaal kwik echter laag.

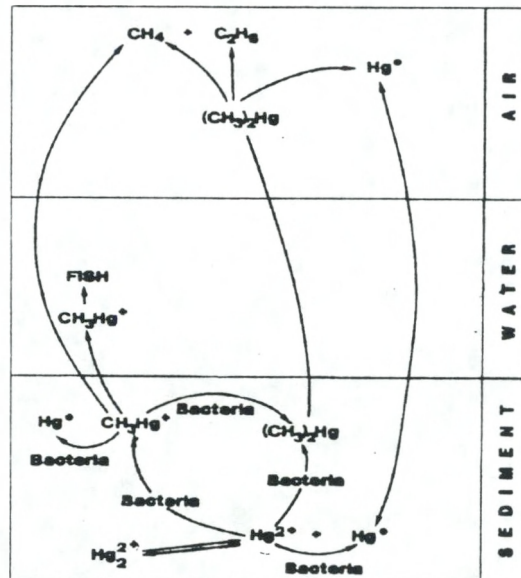
Organokwikverbindingen kunnen in grotere mate voorkomen in kustwateren waar de hoeveelheid opgelost organisch materiaal hoger is.

In zuurstofrijk water komt slechts een kleine hoeveelheid elementair kwik voor ($< 10^{-6}$ van de totale anorganische kwik). In suboxisch water is elementair kwik vaak overheersend. Onder anoxische omstandigheden slaat onoplosbaar cinnaber (HgS) neer; maar onder sterk reducerende omstandigheden is er vorming van meer oplosbare polysulfiden (HgS_2^{2-}).

Kwik heeft een grote affiniteit voor gesuspendeerd partikulair materiaal, vooral voor organische deeltjes, maar ook voor klei.

Organokwikverbindingen ontstaan in de natuur uit de metallische en anorganische vormen van kwik door zowel biologische als zuiver chemische activiteit in sedimenten. Bakteriën in de sedimenten kunnen methylkwik synthetiseren. In

neutrale en zure omstandigheden wordt vooral monomethylkwik gevormd en in basische omstandigheden vooral dimethylkwik. Figuur 1 geeft de biologische cyclus van kwik weer. Deze omzetting werd nog niet waargenomen in de oceanen.



Figuur 1 : biologische cyclus van kwik (Salomons et al., 1984)

De biotransformatie kan dus "onoplosbare" vormen van kwik oplosbaar maken. Deze organokwikverbindingen hebben een grote affiniteit voor levende weefsels en worden gemakkelijk opgenomen door organismen. In mariene sedimenten wordt de snelheid van methyleren bepaald door de pH, de Eh en de chloride concentratie.

De mogelijkheid tot het vormen van methylkwikverbindingen en hun eigenschappen maken kwik zo gevaarlijk als pollutant.

Mikro-organismen in sedimenten zijn ook in staat kwik te demethyleren.

2.3. Achtergrondgehalten

Milieukompartiment	ng/l
WATER	
ocean	3
kustwater	5 - 10
estuaria	≤ 50
rivieren en meren	10 - 50
regenwater ocean	1
kust	10
kontinent	> 50
interstitieel sedimentwater	100
grondwater	50
drinkwater	< 25
ATMOSFEER boven	
ocean	< 1
niet-industriële en stedelijke gebieden	1 - 10
industriegebieden	10 - 1.000
koper-, kwik- en edelmetaalminen	tot 20.000
	µg/kg droge stof
BODEMS EN SEDIMENTEN	
mariene sedimenten	20 - 60
toplaag van bodems	50

Tabel 2 : Achtergrondgehalten van kwik in het milieu (bron : Coördinatie-commissie voor de metingen van radioactiviteit en xenobiotische stoffen en TWG 17/18/3)

3. PRODUKTIE

3.1. Proces

Hoewel talrijke kwikhoudende mineralen gekend zijn, is de commerciële productie van kwik bijna volledig gebaseerd op cinnaber, het kwiksulfide. De grootste afzettingen van kwik komen voor in Spanje onder vorm van cinnaber of metacinnabesiet, respectievelijk rood en zwart kwiksulfide.

De exploitatie van de kwikafzettingen gebeurt meestal via ondergrondse mijnbouw.

Omwille van de lage sublimatietemperatuur (ongeveer 583 °C) wordt kwik uit erts gewonnen door dit te verhitten, waarbij het zwavel wordt geoxydeerd en het metaal vrijkomt. Het erts wordt ook wel verhit in aanwezigheid van kalk of ijzer zodat het zwavel wordt gebonden (Nriagu, 1979).



of



Het kwik dat geproduceerd wordt tijdens mijnoperaties wordt "Prime Virgin Mercury" genoemd en heeft meestal een zuiverheidsgraad van meer dan 99,99 %.

3.2. Productie op wereldvlak

Sinds 1977 ligt de wereldproductie van "Prime Virgin Mercury" rond 7.000 ton per jaar. In 1987 werd een piek bereikt van 7.250 ton (Mining Annual Review, 1988).

De productie is gelijk verdeeld tussen de Westerse wereld en de USSR, Oost-Europa en China.

3.3. Produktie in België

In België wordt geen kwik geproduceerd. Het kwik dat in diverse toepassingen wordt gebruikt, wordt integraal ingevoerd.

Statistische gegevens omtrent de in- en uitvoer van kwik voor België worden beheerd door het Ministerie van Economische Zaken. Bepaalde gegevens zijn echter konfidentieel en mogen volgens de wetgeving op de statistiek niet worden vrijgegeven.

In tabel 3 tot en met 7 wordt een tijdreeks voor deze gegevens over invoer, uitvoer en consumptie van kwik en kwikverbindingen weergegeven.

	1985	1986	1987	1989
Frankrijk	19.300	-	9.700	29.300
Nederland	9.900	36.200	28.100	31.600
Duitsland	9.400	2.600	7.500	700
Italië	3.800	5.000	3.700	-
Groot-Brittannië	8.000	77.500	500	200
Spanje	143.800	90.000	56.000	74.100
Finland	59.600	-	9.700	25.600
Zwitserland	4.600	-	-	-
VSA	1.400	400	-	-
totale invoer	259.800	211.700	115.200	161.500

Tabel 3 : invoer in België van kwikmetaal uit het buitenland (in kg)

	1985	1986	1987	1989
Nederland	5.000	7.400	2.500	1.400
Duitsland	1.300	100	-	200
Groot-Brittannië	2.400	1.100	500	100
Algerije	-	300	-	-
Burundi	-	-	-	800
Guinea	-	-	-	100
Jordanië	-	2.500	-	-
Zaire	300	-	-	-
Tanzania	900	-	-	-
totale uitvoer	9.900	11.400	3.000	2.600

Tabel 4 : uitvoer uit België van kwikmetaal (in kg)

Uit tabellen 3 en 4 blijkt dat in 1989 in België zo'n 159 ton kwik gebruikt of opgeslagen werd.

	1985	1986	1987	1988
Nederland	-	5.000	-	-
Groot-Brittannië	4.100	3.200	-	-
totale invoer	4.100	8.200	-	-

Tabel 5 : invoer in België van kwikoxyden (in kg)

De Belgische uitvoer van kwikoxyden is verwaarloosbaar.

	1985	1986	1987	1988
Frankrijk	-	17.500	1.600	-
Nederland	12.000	-	2.700	28.000
Duitsland	4.100	7.300	57.200	15.500
totale invoer	16.600	24.800	61.500	43.500

Tabel 6 : invoer in België van kwiksulfaat (en loodsulfaat) in kg

In tabel 6 werd de som van de invoer van kwiksulfaat en loodsulfaat opgenomen. De afzonderlijke cijfers voor de invoer en de exportcijfers konden niet in dit rapport worden vermeld omwille van de confidentialiteit.

De kwikmineralen zelf (cinnaber) worden niet ingevoerd in België.

	1985	1986	1987	1988
kwikmetaal	249.900	200.300	112.200	158.900
kwikoxyden	4.100	3.200	0	-
kwiksulfaten	konfidentieel	konfidentieel	konfidentieel	konfidentieel
mineralen	0	0	0	0

Tabel 7 : consumptie van kwik en kwikverbindingen in België (in kg)

In België worden geen kwikverbindingen geproduceerd.

Aangezien sommige gegevens konfidentieel zijn, is het niet mogelijk de reductie van de kwikkonsumptie tussen 1985 en 1988 exakt te bepalen. Toch mag gesteld worden dat er op drie jaar een reductie bereikt werd van ongeveer 35 %. De redenen van die dalende trend zijn onduidelijk.

In tabel 7 wordt de kwikconsumptie gelijkgesteld aan het verschil tussen in- en uitvoer van kwikverbindingen.

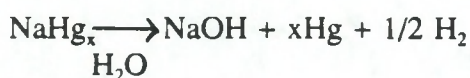
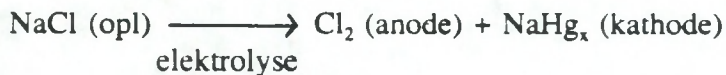
4. TOEPASSINGEN

In dit hoofdstuk wordt nagegaan in welke toepassingen kwik in België wordt gebruikt. Tevens wordt voor elke toepassing een schatting gemaakt van de hoeveelheid kwik die gekonsumeerd wordt. De kwikverliezen die optreden ten gevolge van de toepassingen van kwik in diverse sectoren wordt in hoofdstuk 7 behandeld.

4.1. Chlooralkali-industrie

Het belangrijkste industriële gebruik van kwik is in de simultane produktie van chloor en NaOH door de elektrolyse van pekeloplossingen (voornamelijk een waterige natriumchloride-oplossing) met kwikmetaal gebruikt als vloeibare kathode. Als bijprodukt wordt waterstofgas geproduceerd.

Schematische reactie :



Deze produktie van chloor gaat gepaard met kwikverliezen (zie 6.1.1.).

Sinds het einde van de vorige eeuw bestaat ook een kwikvrije methode. Bij deze methode wordt een zogenaamde diaframacel gebruikt. Hierbij komen twee nadelen naar voor. Enerzijds moet de NaOH gezuiverd worden en anderzijds kan het werken met asbestdiafragma's de gezondheid van de werknemers schaden.

Een andere en recentere kwikvrije methode is het membraanproces. Deze methode vereist membranen van zeer hoge kwaliteit.

Volgens Euro Chlor (Vereniging van West-Europese Chloorproducenten) is 70 % van de West-Europese produktie van chloor gebaseerd op de kwikceltechnologie. De resterende capaciteit is verdeeld tussen de diafragma-celtechnologie (24 %) en de membraan-elektrolyse (6 %).

België heeft drie chlooralkali-bedrijven (BASF, Tessenderlo Chemie, Solvay Antwerpen en Jemeppe) die alle de kwikceltechnologie gebruiken. Het kwikverbruik bedroeg in 1988 28.500 kg. Deze bedrijven gebruiken het chloor voornamelijk voor de produktie van vinylchloride.

Minstens één van deze bedrijven (Solvay Jemeppe) zal vòòr het jaar 2000 overschakelen op een kwikvrije produktielijn.

4.2. Non-ferro industrie

De invoer van kwik voor de Belgische non-ferro industrie gebeurt onder de vorm van onzuiverheden in erts-koncentraten (zwavelhoudende mineralen van koper, zink, goud, lood en zilver).

In 1989 betrof dit ongeveer 42 ton kwik. Daarnaast werd voor de non-ferro industrie ook 20 ton zuiver kwikmetaal ingevoerd (Federatie van de ondernemingen van non-ferro metalen, 1990).

4.3. Katalysatoren

Kwik wordt in de chemische industrie gebruikt in de produktie van synthetische polymeren. Een voorbeeld is het gebruik bij de bereiding van acetaldehyde en vinylchloride uit acetyleen. De kwikverbindingen die hier worden toegepast zijn oxyden, chloriden en sulfiden (Moore et al., 1984).

Naast de produktie van vinylchloride worden kwikkatalysatoren naar ons weten niet gebruikt in België. In België is er geen produktie van kwikkatalysatoren.

4.4. Fosfaatmeststoffen industrie

Jaarlijks worden in België zo'n 700.000 kg fosfaten (P_2O_5) geproduceerd door Prayon-Rupel, Prayon-Engis, Rhône Poulenc, BASF en Tessenderlo Chemie. Daar België zelf niet over fosfaaterts beschikt, moet dit volledig worden ingevoerd. Vooral Marokko (~ 70 %) is onze leverancier (De Schutter, 1988).

LAND VAN HERKOMST	ERTS-IMPORT (in miljoen ton)	relatief aandeel (in %)
Israël	1,6	11,2
Kola (USSR)	0,4	2,8
Marokko	6,8	47,6
Senegal	0,8	5,6
Togo	1,6	11,2
Tunesië	0,4	2,8
VS	2,7	18,8
Totaal	18,1	100

Tabel 8 : Import van de fosfaatertsen in de EEG (EEG, 1987)

Veruit de belangrijkste fosfaatertsen zijn de groep van de calciumfosfaten. Ze worden echter slechts zelden in deze zuivere vorm aangetroffen in de natuur. Het calcium wordt vaak vervangen door elementen als strontium, mangaan, cadmium, kalium, uranium, ijzer en kwik. Het fosfaat wordt meestal vervangen door carbonaat, waardoor het fosfaatgehalte afneemt.

Het ontsluiten van de fosfaatertsen (vrijmaken van fosfaten uit het erts) gebeurt met zuren, meestal zwavelzuur. 58 % van het in België geproduceerde zwavelzuur wordt in functie van deze zogenaamde "natte" ontsluiting aangewend. Ontsluiting met zwavelzuur (H_2SO_4) geeft de vorming van calciumsulfaat (gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Dit wordt toegepast bij Prayon-Rupel, Prayon-Engis, Rhone Poulenc (Zelzate) en BASF. Het staat vast dat bij het ontsluiten van fosfaatertsen langs deze natte weg de meeste onzuiverheden worden vrijgesteld : fluor, cadmium, mangaan, lood, zink, ... Aangezien fosfaaterts ook 0,1-0,5 mg kwik per kg bevat, is het waarschijnlijk dat langs deze weg ook kwik wordt vrijgesteld (zie verder punt 6.1.4.).

Een tweede ontsluitingsmethode is volgens het ODDA procédé. In plaats van zwavelzuur wordt salpeterzuur (HNO_3) gebruikt (BASF Antwerpen). Tenslotte is ook ontsluiting met zoutzuur (HCl) mogelijk. Dit proces wordt toegepast bij Tessenderlo Chemie.

De eerste twee procédés zijn goed voor een produktie van 485.000 ton P_2O_5 /'88, het derde staat in voor 230.000 ton P_2O_5 /'86 (Plasman en Verreet, 1991).

België kent per inwoner de belangrijkste fosfaatindustrie ter wereld. Deze is voor meer dan 85 % in Vlaanderen gesitueerd. Meer dan 80 % van de fosfaatstroom gaat naar veevoeder of kunstmest (52 %). Verder worden de fosfaten vooral gebruikt bij de samenstelling van wasmiddelen (5 %) en in de voedselindustrie (5 %) (De Schutter, 1986).

Een aanzienlijke hoeveelheid van de Belgische kunstmestproduktie wordt uitgevoerd naar andere EEG-landen maar ook naar de Derde Wereld en Oost-Europa.

4.5. Bestrijdingsmiddelen

Uit de literatuur blijkt dat kwikverbindingen worden gebruikt als fungicide in de landbouw, bijvoorbeeld voor de desinfectie van zaden. De meest gebruikte verbindingen zijn fenyl- en alkoxalkylkwikderivaten, evenals HgCl_2 .

Door de nadelige invloed voor het milieu, is in de meeste landen een verstrengde reglementering tot stand gekomen.

In België is het gebruik van kwikverbindingen in de landbouw praktisch volledig verboden vanaf 1.01.1981. Het gebruik van alkoxyalkylkwikverbindingen voor de desinfectie van zaaizaden van ter bestrijding van steenbrand, Septoria en Fusarium en van prebasiszaad en basiszaad tot het stadium E2 van gerst ter bestrijding van strepenziekte (*Pyrenophora graminea*) is verboden vanaf 1.01.1990. In 1988 werd nog 1.189 kg kwik gebruikt als fungicide in de zaaizaadontsmetting.

Momenteel worden kwikverbindingen in de landbouw nog enkel gebruikt onder de vorm van kwikoxyde in een helende pâte in de boomkwekerij in de strijd tegen kanker (*Nectria galligena*). Het gaat hier echter om geringe hoeveelheden, namelijk 51 kg in 1988 en 70 kg in 1989 (Ministerie van Landbouw, 1990). Het gebruik van kwikhoudende pesticiden zal uitgefaseerd worden tegen 01.01.92.

Het niet-landbouwkundig gebruik van kwikverbindingen in bestrijdingsmiddelen werd vanaf 1978 verboden in België (Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu, De Algemene Farmaceutische Inspectie, 1989).

4.6 Farmaceutische produkten

Kwikverbindingen worden in de geneeskunde gebruikt als desinfektant (mercurochroom) en mogelijk als schoonmaakprodukt voor kontaktlenzen. Waarschijnlijk worden ze ook toegevoegd als conserveringsmiddel aan geneesmiddelen.

Volgens Massart et al. (1986) wordt zo'n 5 % van de wereldproduktie van kwik aangewend in de farmaceutische nijverheid. Toegepast op België zou dit betekenen dat in 1988 in deze sektor ongeveer 8 ton kwik werd gebruikt (5 % van 160 ton, zie tabel 7).

4.7. Laboratoria

In analytische laboratoria (laboratoria waar wisselende types monsters voor chemische analyse worden behandeld, zoals handelslaboratoria, adviesbureaus met een laboratorium, keuringsdiensten van voedingswaren) wordt kwik gebruikt als metaal, bijvoorbeeld voor polarografische analysemethoden of in zijn anorganische vorm als reagens, katalysator of conserveermiddel, bijvoorbeeld kwiksulfaat voor COD (chemisch zuurstofverbruik)-bepalingen.

Bij de COD-bepaling wordt kwiksulfaat toegevoegd om de chloriden te complexeren teneinde interferenties te vermijden. De COD kan bepaald worden met de makro- of de mikromethode. Bij de makromethode wordt per 20 ml monster, 400 mg kwiksulfaat toegevoegd (tot 2 gram chloriden per liter water). Bij de mikromethode worden de hoeveelheden met een faktor 10 verminderd en wordt dus per analyse 40 mg kwiksulfaat gebruikt.

In plaats van kwik kan evengoed zilver gebruikt worden om de chloriden te complexeren. Deze alternatieve methode (zie 8.4.) is nog niet in een Belgische Norm gegoten en is dus nog geen officiële methode.

Volgens een zeer ruwe schatting worden in België door de erkende laboratoria zo'n 350.000 COD-bepalingen per jaar uitgevoerd (50 laboratoria x 7.000 COD-bepalingen per laboratorium per jaar). Als de kwikvrije methode buiten beschouwing wordt gelaten, hoewel die reeds in een aantal laboratoria wordt toegepast, zou met de mikromethode jaarlijks zo'n 14 kg kwiksulfaat worden gekonsumeerd en met de makromethode zo'n 140 kg.

Laboratoria gebruiken ook metallisch kwik, bijvoorbeeld voor polarografische analysemethoden. Uitgaande van 100 gram metallisch kwik per laboratorium per jaar en 50 erkende laboratoria zouden de laboratoria jaarlijks zo'n 5 kg metallisch kwik gebruiken.

In deze schattingen werden enkel de erkende laboratoria betrokken. Voor de overige laboratoria is de situatie nog te onduidelijk.

4.8. Tandheelkundige verzorging

Kwik wordt als grondstof gebruikt voor het leggen van amalgaamvullingen. Tandheelkundig amalgaam bestaat uit een mengsel amalgaamlegering en kwik in een verhouding van ongeveer 1:1. De amalgaamlegering bestaat uit 3 delen zilver, 1 deel tin, een geringe hoeveelheid koper en soms 1 à 2 % zink (CUWVO, 1990).

De samenstelling van de amalgaamlegering is belangrijk, omdat de hoeveelheid kwik die moet worden toegevoegd hiervan afhankelijk is. De samenstelling van de verschillende soorten poeders (amalgaamlegeringen) en de daarbij horende hoeveelheid kwik is opgenomen in tabel 9.

Type poeder	zilvergehalte	tingehalte	kopergehalte	toe te voegen kwik in %
konventioneel	68-70	26-28	2-6	54
gemodificeerd	68-70	26-28	2-6	51
gemengd	72	0	28	50
unikompositorisch	40-60	27-30	12-29	45

Tabel 9 : Samenstelling van de verschillende soorten poeders met de bijhorende dosis kwik (Enödy, 1990)

De hierna vermelde cijfers zijn gebaseerd op een enquête uitgevoerd in 1980 bij de verdelers van kwik bij de tandartsen (Aronis-Brykman, 1980-1981). Uit deze enquête werd besloten dat de kwikkonsumptie per jaar en per tandarts in België ongeveer 800 gram bedraagt. Dit is laag in vergelijking met het buitenland waar men spreekt van een kwikverbruik van 1 tot 1,5 kg per tandarts en per jaar.

Indien echter dit lage cijfer voorlopig aangehouden wordt, betekent dit dat in 1980 zo'n 3.200 kg kwik (4.000 tandartsen x 800 gram kwik per tandarts en per jaar) werd gekonsumeerd door de tandartsen.

Hoewel in 1990 het aantal tandartsen gestegen is tot 7.050, werd geen evenredige stijging van het kwikverbruik ten opzichte van 1980 verondersteld. Dit omwille van het bestaan van nieuwe types van tandvullingen (zie punt 8.5.) en de veronderstelde afname van het aantal consultaties per tandarts.

4.9. Elektrische apparatuur en controle-instrumenten

Enkele voorbeelden van controle-instrumenten en elektrische apparatuur waarin kwik wordt toegepast zijn enerzijds barometers, thermometers, manometers en anderzijds fluorescentiebuisen, ontladingslampen, gelijkrichters, relais en vooral batterijen. Meer dan de helft van de in elektrische toestellen toegepaste kwik zou voor batterijen bestemd zijn.

Op internationaal vlak wordt ruim aandacht besteed aan deze toepassingen.

Recent (1990) heeft Zweden in de Kommissie van Parijs een voorstel geïntroduceerd betreffende het gebruik van kwikthermometers en kwikrelais (TWG 17/5/1).

Dit voorstel betreft :

- een verbod op het gebruik van kwikrelais in nieuwe wagens vanaf 1993;
- een onderzoek naar andere toepassingen van kwikrelais met als doel het gebruik van kwikrelais in alle produkten te verbieden vanaf 1994;
- verbod op de verkoop van klinische koortsthermometers tegen eind 1992;
- verbod op de verkoop van thermometers voor andere gebruiken tegen eind 1994, met uitzondering van enkele toepassingen die niet te vermijden zijn omwille van veiligheids- en technische redenen.

In Zweden zullen klinische koortsthermometers verboden worden vanaf 1992. Andere thermometers met kwik, medische instrumenten en industriële meetapparatuur die kwik bevatten zullen verboden worden vanaf 1993.

De haalbaarheid van deze voorstellen wordt nu voor België bestudeerd.

Thermometers

Tot voor kort werden de koortsthermometers geijkt door het Ministerie van Economische Zaken, Dienst Metrologie. Tegenwoordig worden de kwikthermometers niet meer geijkt. Aangezien door deze dienst naargelang het jaar tussen de 600.000 en de 1.050.000 thermometers ijkte, wordt aangenomen dat per jaar ook tussen de 600.000 en de 1.050.000 thermometers op de markt kwamen. Tabel 10 geeft het aantal ter ijking aan het Ministerie van Economische Zaken aangeboden koortsthermometers in functie van de tijd weer.

Jaar	Aantal koortsthermometers	Aantal elektronische koortsthermometers	Aantal koortsthermometers met kwikvulling
1984	1.005.109	61.689	943.420
1985	1.046.840	25.073	1.021.777
1986	895.418	86.783	808.635
1987	726.460	116.212	610.258
1988	733.697	135.066	598.631
1989	600.138	99.763	500.375

Tabel 10 : Het aantal ter ijking aangeboden koortsthermometers in functie van de tijd (Ministerie van Economische Zaken, Dienst Metrologie, 1991)

Bij de interpretatie van de opgegeven cijfers moet rekening gehouden worden met het feit dat er in België ook nog koortsthermometers met kwikvulling verkocht

worden die niet door de Algemene Inspectie van de Metrologie geijkt worden. Het betreft hier kwikthermometers die afkomstig zijn van een ander EEG-land en het EEG-ijkmerk dragen.

Van het aantal aangeboden koortsthermometers met kwikvulling valt bij ijking ongeveer 0,92 % uit (gegevens van 1989) :

- 0,35 % door breuk tijdens het transport of tijdens de ijking;
- 0,22 % omwille van fouten die op het eerste zicht waarneembaar zijn (capillair stuk, onzuiverheden,...);
- 0,35 % omwille van het overschrijden van de maximale toleranties van 0,1 °C - 0,15 °C.

Van het aantal aangeboden elektronische koortsthermometers valt bij de ijking ongeveer 0,92 % uit (analoog zoals bij de kwikthermometers) (gegevens van het jaar 1989) :

- 0,30 % omwille van contactfouten;
- 0,46 % omwille van fouten op het eerste zicht;
- 0,16 % omwille van het overschrijden van de toegelaten toleranties van 0,2 °C.

De glazen kwikhoudende koortsthermometers worden zowel in ziekenhuizen als voor privé-doelstellingen gebruikt. De Algemene Inspectie van de Metrologie schat dat 70 % van de kwikthermometers bestemd is voor de klinieken en 30 % voor privé-gebruik.

Eén thermometer bevat ongeveer 2 gram kwik. Dit betekent dat jaarlijks 1 à 2 ton kwik op de markt komt in glazen koortsthermometers.

Volgens het Ministerie van Economische Zaken is de gemiddelde levensduur van een koortsthermometer in een ziekenhuis ongeveer 30 dagen.

Voor deze schatting werd uitgegaan van een aantal veronderstellingen :

- het gemiddelde jaarlijkse verbruik aan glazen thermometers bedraagt in België nagenoeg 850.000 eenheden;
- dit verbruik is uitsluitend toe te schrijven aan ziekteverzorging in klinieken en hospitalen;
- het aantal ziekenhuisbedden bedraagt circa 91.700 eenheden;
- de bezettingsgraad der bedden is 80 % of een effectieve bestendige bezetting van 73.360 eenheden;
- dagelijks zijn er per bed twee koortsmetingen of een totaal aantal van 53.552.800 koortsopnamen per jaar.

Aan de hand van deze veronderstellingen kunnen volgende konklusies getrokken worden :

- 1 thermometer wordt gebruikt voor gemiddeld 63 metingen;
- bij 2 metingen per dag is de gemiddelde levensduur 32 dagen;
- het jaarlijks verbruik aan thermometers bedraagt per effectief bezet bed 11 thermometers.

In België worden geen kwikbevattende koortsthermometers geproduceerd. Ze worden uit het buitenland ingevoerd door een tiental importeurs.

Naast het gebruik als koortsthermometers worden kwikthermometers in België ook gebruikt voor controles en metingen in de industrie en in laboratoria voor het onderwijs.

Over de importeurs heeft de Algemene Inspektie van de Metrologie geen specifieke gegevens. Vaak gaat het over deze firma's die, algemeen genomen, laboratoriumbenodigdheden invoeren.

In België zijn er 2 firma's die kwikthermometers fabriceren voor industrieel gebruik. Eén van deze firma's is zijn produktie aan het afbouwen en zal er in de loop van 1992 mee stoppen. Deze firma zal dan voor haar klanten de kwikthermometers in het buitenland aankopen.

Er zijn firma's die hun kwikthermometers zelf rechtstreeks in het buitenland (zoals bijvoorbeeld Engeland of Duitsland) aankopen.

Lampen

Kwik wordt gebruikt in lagedrukkwiklampen (fluorescentielampen, TL-lampen $\approx$ 20 mg Hg per lamp), hogedrukkwiklampen (kwikdamplampen $\approx$ 50 mg Hg per lamp) en hogedruknatriumlampen $\approx$ 15 mg Hg per lamp.

Voor het gebruik van kwik in lampen, kon aan de hand van informatie van het voormalige Ebes en Intercom omtrent het gebruik van lampen voor het Vlaams Gewest in 1986 (zie tabel 11) en de gemiddelde kwikinhoud per geïnstalleerde lamp berekend worden dat **jaarlijks in het Vlaams Gewest 107 kg kwik verbruikt wordt voor verlichting, waarvan 26 kg voor de huishoudens en 81 kg voor openbare verlichting.** Kwikjodidelampen die 100 mg kwik bevatten, worden naar ons weten enkel toegepast in gespecialiseerde domeinen (fotografische laboratoria) en worden hier verder buiten beschouwing gelaten.

Verbruik per jaar	Hoge druk natrium	Hoge druk kwik	Lage druk kwik (TL)
Huishoudelijk	-	-	1.300.000
Industrieel,	-	-	2.600.000
dienstensektor			
Rijkswegen	3.250	2.800	170.000
Gemeenten	129.000	393.000	212.000
Totaal	132.250	395.800	4.282.000

Tabel 11 : Schatting van het verbruik van lampen in het Vlaams Gewest (OVAM, 1988)

Met de kennis van het energieverbruik in 1986 in België voor de verlichting van openbare wegen werd berekend dat het aandeel van het Vlaams Gewest hierin zo'n 52 % bedraagt.

In de veronderstelling dat het energieverbruik voor de openbare verlichting en de huishoudens relatief gezien gelijk evolueren, kan besloten worden dat in België het kwikgebruik voor lampen ongeveer 200 kg per jaar (48 kg voor huishoudens en 152 kg voor openbare verlichting) bedraagt. Dit cijfer is in overeenstemming met een in 1989 uitgevoerde schatting van Fabrimetal waaruit eveneens bleek dat het gebruik van kwik in lampen op de Belgische markt jaarlijks ongeveer 200 kg bedraagt.

Relais

Kwik wordt ook in relais (schakelaars) gebruikt. De meeste nadruk wordt hier gelegd op het gebruik van deze relais in auto's. Elke relais in een auto bevat ongeveer 1 gram kwik. Er zijn types van wagens met 1 relais maar het is waarschijnlijk zo dat de meeste wagens 2 of 3 relais bevatten.

De Belgische automobielkonstruktors- en assembleurs gebruiken geen kwikrelais in voertuigen. Wel worden versnellingsensoren op basis van kwik gebruikt in sommige veiligheidssystemen, zoals de airbag, het oprolmechanisme van de veiligheidsgordels en het ABS-remsysteem.

Deze kwikrelais worden ook in andere produkten gebruikt. Daarover is momenteel geen konkrete informatie voorhanden.

Batterijen

Naast de primaire batterijen die niet opgeladen kunnen worden en dus weggegooid worden, bestaan ook sekundaire of oplaadbare batterijen (akku's).

Type	Model	% Hg in gewicht	Hoeveelheid kwik per element (gram)
Lithium batterij	staaf-knoop	0	0
Zink-kool batterij	staaf	0,01	0,004
Zilveroxyde batterij	knoop	1	0,01
Zink-lucht batterij	knoop	1	0,01
Alkaline batterij	staaf-knoop	1	0,35
Kwikoxyde batterij	knoop	30	1

Tabel 12 : Bestaande types batterijen en hun kwikgehalte (bron : Staatssekretaris voor Leefmilieu M. Smet, 1988)

De enige kwikvrije batterijen zijn lithium batterijen. Ze bevatten geen giftige componenten en hebben een lange levensduur. Bij sommige types is er na een tiental jaren nog altijd rond 80 % van de oorspronkelijke capaciteit beschikbaar (Anoniem, 1989).

De kwikbevattende batterijen die gevaren inhouden voor het milieu zijn vooral de alkaline en de kwikoxyde batterijen.

Kwikoxyde batterijen worden in knoopjesvorm gebruikt in de industrie, de geneeskunde en door het grote publiek (kommunikatiemiddelen, gehoorapparaten, pacemakers, fotografie, ...). Het veelvuldig gebruik van deze knoopjesbatterijen in weinig volumineuze toepassingen is het gevolg van de compactheid en de karakteristieken (relatief vlakke ontladingskurve, konstante spanning, goede werking bij hoge én lage temperaturen). In België werden in 1986 ongeveer 2 miljoen kwikoxyde batterijtjes verkocht.

Alkaline batterijen worden meestal in staafvorm gebruikt voor huishoudelijke doeleinden (draaglampen, radiotoestellen, speelgoed, ...). Alhoewel ze slechts 1 % kwik bevatten, zijn deze batterijen door hun grote populariteit toch relatief belangrijk voor wat het kwikgebruik betreft. In 1986 werden ongeveer 18 miljoen alkaline batterijen verkocht in België. In 1990 liep dit op tot 34 miljoen.

Door de grote hoeveelheid kwik die door het gebruik in batterijen in het leefmilieu vrijkwam (zie hoofdstuk 7) werd op initiatief van Staatssekretaris voor Leefmilieu Miet Smet op 1 januari 1988 door de Staatssekretaris, de Minister van Economische Zaken, de Federatie voor Electriciteit en Electronica en de sektor batterijen en accumulatoren van Fabrimetal een konvenant afgesloten over de

vermindering van het kwikgehalte in batterijen. Het was de eerste maal dat deze werkwijze in België voor het leefmilieu werd toegepast.

De inhoud van de overeenkomst was als volgt :

- indien technisch mogelijk worden kwikoxyde batterijen met 30 % kwik vervangen door batterijen met 1 % kwik (zink-lucht batterijen);
- het kwikgehalte van alkaline batterijen wordt teruggebracht :
van 1 % tot 0,3 % in 1988
van 0,3 % tot 0,15 % in 1990.

Op dit ogenblik is deze overeenkomst wegens de snelle ontwikkeling van de technologie reeds herzien. Voor de alkaline batterijen werd een reductie overeengekomen tot maximaal 0,10 % in 1990 en 0,025 % in 1992.

De resultaten van de overeenkomst overheid-batterijsector waren zeer positief. Het gemiddelde kwikgehalte in de alkalinebatterijen is in 1990 reeds gedaald tot 0,018 % en is dus reeds lager dan het kwikgehalte waarnaar tegen 1992 werd gestreefd. In 1990 werd ten opzichte van 1987 in de in België verkochte primaire batterijen de totale hoeveelheid kwik verminderd met 80 %. In absolute cijfers werd van 6.220 kg in 1987 het kwikverbruik gereduceerd naar 1.228 kg in 1990. Voor de alkaline batterijen (34 miljoen stuks verkocht in 1990) bedroeg de kwikreductie in 1990 ten opzichte van 1987 zelfs 94 % (van 4.960 kg in 1987 naar 277 kg in 1990).

Bij deze reducties wordt geen rekening gehouden met de toename van de afzet van alkaline en zink-bruinsteen batterijen. Deze batterijen vertegenwoordigden in 1990 93 % van de in België verkochte batterijen terwijl ze slechts voor 24 % van de totale kwikbelasting verantwoordelijk zijn (293 kg).

Type batterijen	Hg gebruik (in kg) in 1990 met reductieprogramma	Hg gebruik (in kg) in 1990 zonder reductieprogramma	Reële reductie (in %)
zink-bruinsteen	13,5	59,8	77
alkaline	276,5	6.755,9	96
kwikoxyde + zink-bruinsteen + andere	934,8	3.613,0	75
Totaal	1.227,7	10.429,7	89

Tabel 13 : Eigenlijke reductie van de kwikemissie (in kg) door batterijen in 1990 ten opzichte van 1987 (uitgaande van dezelfde verkoopscijfers in 1990 als in 1987)

Zonder het kwikreductieprogramma zou er in 1989, uit batterijen, 10.429 kg kwik in batterijen gebruikt zijn. Nu blijft hiervan dankzij het reductieprogramma nog 1.228 kg kwik over. Dit betekent een reductie van 89 % ten opzichte van 1987.

5. KWIKBLOOTSTELLING EN EFFEKTEN

Deze bespreking is gebaseerd op de publikatie "Effects of Mercury in the Canadian Environment" van het Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, National Research Council Canada.

Kwik komt in het milieu voor als elementair kwik (Hg^0), anorganisch kwik (Hg^{2+}) en organisch kwik (MeHg^+ en Me_2Hg). De laatste vorm wordt vooral gevormd door bacteriën.

Naargelang de chemische vorm waarin het kwik zich bevindt, worden grote verschillen in toxiciteit waargenomen. Veel van deze verschillen zijn toe te schrijven aan de variatie van de chemische karakteristieken van het kwikatoom in de verschillende kwikverbindingen.

- Namelijk :
- de meeste anorganische kwikzouten, zoals HgCl_2 (Hg^{2+}) zijn niet in staat om biologische membranen zo gemakkelijk te doordringen als dampen van elementair kwik (Hg^0).
 - het toevoegen van een organische groep aan het kwik, zoals in methylkwik, verhoogt sterk de vetoplosbaarheid en de snelheid van het doordringen van biologische membranen.

De inname van vloeibaar kwik heeft nagenoeg geen schadelijke gevolgen.

5.1. Toxiciteit van organische kwikverbindingen in zoogdieren

De meest toxische kwikverbindingen zijn de methylkwikverbindingen. Dit zijn lipofiele verbindingen die na opname in een organisme stabiel zijn.

Enkele belangrijke punten in verband met de toxiciteit van organische kwikverbindingen zijn :

- MeHg wordt door de foetus geakkumuleerd in concentraties die 2 à 3 maal hoger

zijn dan bij de moeder.

- Geabsorbeerd MeHg komt snel in het bloed waar het bij de meeste dieren voor 80 à 90 % gebonden wordt aan de rode bloedcellen.

Kwikniveau's in het bloed van de mens die geen risico's inhouden voor zichtbare effecten bij de persoon worden geschat op 100 - 200 ng/ml.

De meeste effecten treden op rond een kwikkoncentratie van de orde van µg/l (1.000 x de natuurlijke concentraties, 100 x de concentraties na kontaminatie) (TWG 17/17/3).

- Bij alle dieren wordt kwik vooral gekoncentreerd in de lever, de nieren en het haar.
- De verhouding van de kwikkoncentraties in het bloed en in de hersenen is afhankelijk van het soort dier : 10 bij ratten en muizen, 1 bij katten, 0,5 bij honden, guinese biggetjes en varkens en 0,1-0,5 bij apen.

De kritische gemiddelde kwikkoncentratie in de hersenen die zichtbare neurologische symptomen veroorzaakt is bij de meeste dieren ongeveer 10 µg/g.

- MeHg wordt in dierlijke weefsels gedemethyleerd. De geproduceerde anorganische kwik wordt geëxcreteerd met de urine. De belangrijkste excretie van MeHg is door de lever via de gal in de faeces.
- De snelheid van MeHg verwijdering is sterk afhankelijk van het weefsel. MeHg in het bloed wordt snelst verwijderd terwijl MeHg traagst verwijderd wordt uit de hersenen.
- De belangrijkste effecten van MeHg zijn het niet meer functioneren van het centrale zenuwstelsel.

Andere effecten zijn :

- koncentriscche beperking van het gezichtsveld
- bewegingsstoornissen
- gedragsstoornissen

5.2. Kwikblootstelling van de mens

De mens kan op verschillende manieren worden blootgesteld aan kwik. Behalve via het voedsel, het drinkwater en de buitenlucht kan blootstelling aan kwik het gevolg zijn van het werken met of het gebruiken van kwik of kwikbevattende produkten (beroepsmatige en incidentele of accidentele blootstelling).

Begin van de jaren zestig werd het duidelijk dat het werken met kwik niet alleen kan leiden tot een verhoogde blootstelling aan kwik op de werkplaats (voornamelijk blootstelling aan metallisch kwik), maar ook indirect door verontreiniging van het milieu. In Minamata en Niigata (Japan) werden door de consumptie van met methylkwik verontreinigde vis honderden mensen vergiftigd, waarvan enkele tientallen met dodelijke afloop. Deze verontreinigingen werden veroorzaakt door plaatselijke industriële lozingen in het oppervlaktewater van alkylkwikverbindingen door een fabriek die acetaldehyde en vinylchloride vervaardigde.

De organokwikverbindingen zijn vooral gevaarlijk door hun opname via voedsel. Studies met ratten, katten en apen toonden aan dat meer dan 90 % van het oraal opgenomen methylkwik geabsorbeerd wordt door het gastrointestinaal kanaal.

- Voor personen die niet beroepsmatig aan kwik worden blootgesteld, is voedsel (vooral vis) de belangrijkste bron van kwikopname. Kwik kan in het voedsel aanwezig zijn onder organische en anorganische vorm. In vloeistoffen is bijna alle kwik onder anorganische vorm aanwezig. In België werd in aardappelen gemiddeld 3 µg kwik per kg gemeten, in fruit 1 µg per kg en in ronds-, varkens- en kalfsvleesorganen steeds lager dan 20 µg per kg (Massart et al., 1986). De in België geschatte hoeveelheid kwik die per week wordt opgenomen via het voedsel bedraagt gemiddeld 46 µg per persoon.

De absorptie van kwik door de voeding wordt in de Verenigde Staten geschat op 4,3 µg per dag en per volwassen persoon, waarvan 3,8 µg opgenomen wordt via vlees, vis en gevogelte. De WGO (1972) heeft een wekelijkse maximale inname via de buitenlucht, het drinkwater en het voedsel van 300 µg totaal kwik (200 µg voor methylkwik) voorgesteld voor volwassenen. De wekelijkse inname van kwik via het voedsel ligt voor de gemiddelde Belg dus veel lager dan de norm van de WGO. Het is wel zo dat de aanvaardbare opname, vooral voor methylkwik, bij een hoge visconsumptie kan overschreden worden.

Het toelaatbare kwikgehalte van fruit, groenten en granen bedraagt in België 30 µg/kg.

Voor drinkwater werden in 1980 richtlijnen uitgevaardigd door de Europese Gemeenschap, steunende op WGO-normen. Deze bedragen 1 µg/l totaal kwik.

- Organokwikverbindingen worden ook voor een klein deel opgenomen via de huid. Uit proeven blijkt dat methylkwikdicyandiamide na 5 uur voor 6 % geabsorbeerd wordt door de huid van een guinees biggetje.
- Kwik kan ook opgenomen worden door inhalatie. Als een atmosferische concentratie aangenomen wordt van 0,02 µg/m³ (MAC = 50 µg/m³), een ingeademd volume lucht van 20 m³ en als verondersteld wordt dat 80 % van de ingeademde hoeveelheid kwik geabsorbeerd wordt, kan berekend worden dat de

gemiddelde dagelijkse opname van kwik door inhalatie ongeveer 0,3 µg bedraagt voor een volwassen man. In stedelijke gebieden die sterker verontreinigd zijn, kan de absorptie van kwik door inhalatie 1 µg per dag per volwassen man bedragen. De Belgische norm voor kwik in lucht in werkruimten bedraagt 50 µg/m³ voor anorganisch en elementair kwik en 10 µg/m³ voor organokwik.

- Voor akwatische organismen is vooral de opname van kwik via het water belangrijk, hoewel voor sommige roofvissen de opname via de voedselketen even belangrijk kan zijn. Vissen kunnen kwik tot zeer hoge niveau's accumuleren ten gevolge van de snelle accumulatie en de trage verwijdering.

De halveringstijd van MeHg in de mens is ongeveer 70 dagen maar kan naargelang het individu variëren van 35 tot 189 dagen.

6. EMISSIES

Potentiële bronnen van milieuverontreinigingen met kwik of kwikverbindingen zijn alle processen waarin kwik wordt gebruikt en alle produkten waarin kwik verwerkt is. Dit wordt het intentioneel gebruik genoemd.

Daarnaast wordt kwik in het milieu gebracht door het gebruik van fossiele brandstoffen en door de ertsverwerkende industrie. Dit zijn niet-intentionele gebruiken.

In dit hoofdstuk wordt voor elk afzonderlijk gebruik van kwik een min of meer ruwe schatting gemaakt van de hoeveelheid kwik die hierdoor rechtstreeks of onrechtstreeks in 1 van de milieukompartimenten (atmosfeer, bodem, water) vrijgesteld wordt.

Daarna wordt een schatting gemaakt van de totale inbreng van kwik in de Noordzee.

6.1. Emissiebronnen

6.1.1. Chlooralkali-industrie

De kwikverliezen bij de chlooralkali-industrie situeren zich in het proceswater, het bezinksel ontstaan na diverse filtraties en zuiveringen, het koelwater, het water gebruikt voor het schoonmaken van de cel en in het ventilatiesysteem. De kwikverliezen in dit procédé konden vroeger tot 250 gram kwik per ton geproduceerd chloorgas bedragen.

Een veel gebruikte behandelingsmethode van het afvalwater is neerslag met natriumsulfide of natriumhydrosulfide gevolgd door filtratie. Slib en vast afval worden gestort.

Door het K.B. van 12.09.85 (wijziging 3.02.88) werden sektoriële normen vastgelegd voor het lozen van afvalwater in de oppervlaktewateren en de openbare riolen, afkomstig van chlooralkali-bedrijven die het kwik- en diafragmaprocéde toepassen.

De kwikverliezen naar de oppervlaktewateren en de atmosfeer bedroegen in 1988 gemiddeld iets minder dan 4 g/ton geïnstalleerde capaciteit voor België. Meer specifiek gaat het over verliezen van ongeveer 160 kg/jaar naar de oppervlaktewateren (0,32 g/ton geïnstalleerde capaciteit) en 3.500 kg (3,42 g/ton geïnstalleerde capaciteit) naar de atmosfeer. De totale atmosferische kwikemissie door de hele West-Europese chlooralkali-industrie is lager dan 30.000 kg per jaar.

In tabel 14 is ter vergelijking met het buitenland een overzicht opgenomen van de emissies van kwik naar de lucht, het water en in het produkt en in vast afval voor de partijen van het Verdrag van Parijs.

land	luchtemissie (kg/jaar)	wateremissie (kg/jaar)	kwik in produkt (kg/jaar)	kwik in vast afval (kg/jaar)
België	3.500	160	100	13.500
Denemarken	-	-	-	-
Frankrijk	G.I. ¹	G.I.	G.I.	G.I.
BRD	3.200	130	G.I.	0 ³
IJsland	0 ²	0 ²	0 ²	0 ²
Ierland	0 ²	0 ²	0 ²	0 ²
Nederland	1.000	50	140	-
Noorwegen	150	40	85	10
Portugal	G.I.	G.I.	G.I.	G.I.
Spanje	1.250	1.000	1.400	3.000
Zweden	350	13	42	80
Groot-Brittannië	8.380	2.800	870	27.000

Tabel 14 : Overzicht van het gebruik van kwik en het vrijkomen van kwik in de chlooralkali-industrie van de lidstaten van de Parijse Kommissie in 1988 (bron : TWG 17/15/5)

Tabel 15 geeft de kwikemissies in de chlooralkali-industrie in België weer voor de jaren 1985 en 1989.

¹G.I. = geen informatie

²geen produktie van chloor

³chloorproduktie zonder vast afval

	1985	1989	verschil
luchtemissie (kg/jaar)	3.700	2.180	- 1.520
luchtemissie (g Hg/ton Cl ₂ -produktie)	5,47	3,43	- 2,04
wateremissie (kg/jaar)	225	150	- 75
wateremissie (g Hg/ton Cl ₂ -produktie)	0,23	0,23	- 0,11
kwik in produkt (kg/jaar)	90	100	+ 10
kwik in produkt (g Hg/ton Cl ₂ -produktie)	0,13	0,15	+ 0,02
kwik in vast afval (kg/jaar)	17.600	> 14.300	- < 3.300
kwik in vast afval (g Hg/ton Cl ₂ -produktie)	26,11	> 22,52	- < 3,59
Cl ₂ -produktie (ton/jaar)	674.000	636.063	37.937

Tabel 15 : verschil tussen de kwikemissies in de chlooralkali-industrie in 1985 en 1989

Als voldaan wordt aan de maatregel die overeengekomen werd tijdens de Noordzee Ministerskonferentie waardoor tegen 1996 de atmosferische emissie beperkt wordt tot 2 g Hg/ton Cl₂-produktie capaciteit zal uitgaande van dezelfde capaciteit als in 1985 slechts 1.348 kg kwik vrijkomen vanaf 1996. Dit is een reductie van 64 % in vergelijking met de emissie die met de huidige technologie vrijkwam in 1985.

Volgens Eurochlor zouden de Belgische chlooralkali-bedrijven slechts tegen het jaar 2000 aan deze maatregel kunnen voldoen.

6.1.2. Non-ferro industrie

Kwik kan vrijgesteld worden door het bewerken en smelten van zwavelhoudende mineralen van koper, goud, lood, zilver en zink.

Voor de Belgische non-ferro industrie heeft de Federatie van de ondernemingen van non-ferro metalen de relevante informatie over de kwiklozingen opgezocht voor de 2 belangrijkste Belgische non-ferro bedrijven (MHO, Vieille Montagne).

Bij het roosten van ertsconcentraten komen kwikhoudende SO₂-gassen vrij. Deze worden opgevangen, gezuiverd en omgezet tot zwavelzuur. Het kwik dat niet

uitgewassen is, bevindt zich als onzuiverheid in het zwavelzuur (gemiddeld 2 à 3,8 mg/l) of een totaal van 1,2 ton kwik voor de totale zwavelzuurproductie. Het bekomen zwavelzuur wordt verkocht aan de chemische industrie. Een deel van het zwavelzuur wordt omgezet in fosforzuur (voor de fosfatenaanmaak in de meststoffenindustrie) (zie punt 6.1.4.).

Deze non-ferro bedrijven in België recupereren ongeveer 36,8 ton kwik onder de vorm van Pb-Hg-Se slibs via de gasreiniging. Die slibs komen gedeeltelijk in aanmerking voor kwikrekuperatie en verdere verwerking onder de vorm van amalgaampoederproductie voor alkalische batterijen.

Bij de verwerking van de residuen uit de gasreiniging kwam voor 1989 ongeveer 25 kg kwik vrij in de atmosfeer. Via de proceswaters (0,01 mg kwik/l) kwam zo'n 60 kg kwik in de oppervlaktewateren.

Indien het kwik niet gerecupereerd wordt, komen tijdens de gaswassingen kwikhoudende afvalwaters vrij. Deze worden fysico-chemisch behandeld in de waterzuiveringsinstallatie en geven aanleiding tot arme filterkoeken (4.000 ton droog gewicht/jaar). Deze filterkoeken kunnen een concentratie hebben van 0,06 % niet oplosbare kwik (2.400 kg kwik/jaar) en worden afgevoerd naar een gecontroleerde stortplaats klasse I. De restlozing in het gezuiverde afvalwater (bv. in de Schelde voor Metallurgie Hoboken) blijft beneden de limiet van 0,01 mg kwik/l wat overeenkomt met een maximum lozing van 10 kg kwik/jaar. De gezuiverde procesgassen geven een atmosferische restlozing van 4 kg/jaar.

6.1.3. Sekundaire ijzer- en staalnijverheid

De kwiklozingen door de sekundaire ijzer- en staalnijverheid hangen af van de kwikinhoud van het ruwe materiaal (ertsen, schroot).

	1985			1987		
	oxyst	elektrost	totaal	oxyst	elektrost	totaal
schroot (1.000 ton)	2.223	810	3.033	1.872	621	2.493
staalproductie (1.000 ton)	9.820	705	10.585	9.130	592	9.722
kg schroot/ton staal	226	1.059	287	205	1.050	256
atmosferische Hg-emissie (kg)	29-7.856	2-612	32-8.468	27-7.304	2-474	29-7.778

Tabel 16 : De hoeveelheid gebruikte schroot en de staalproductie in de siderurgie (Staalindustrie Verbond, 1988)

Volgens UNEP (1986) is de kwikemissie naar de atmosfeer 0,003-0,8 g Hg/ton staal. Toegepast op de Belgische productiecijfers voor staal werd berekend dat in 1987 door de siderurgie tussen de 0,03 en 8 ton kwik werd geëmitteerd in de atmosfeer. Dit

uitgestoten kwik is afkomstig van het schroot dat vervuild is met kwik uit relais, batterijen, ...

Het is te verwachten dat de reductie van het gebruik van kwik zal leiden tot een reductie van de uitstoot van kwik door de siderurgie. Tegen 1995 zou de kwikuitstoot zonder verdere maatregelen zo'n 80 % moeten gedaald zijn ten opzichte van 1985.

De voornaamste afvalprodukten van de staalfabrikatie zijn de hoogovenslakken die zwaar verontreinigd zijn met zware metalen. De verwerking van dit afval levert nog altijd problemen op. Bijgevolg liggen de "afvalbergen" op de diverse fabrieksterreinen op een oplossing te wachten. Bij Sidmar in Gent is bijvoorbeeld een berg van 300.000 ton verontreinigde hoogovenslakken aanwezig. Deze is blootgesteld aan wind en regen. Omwille van de kleiachtige eigenschappen van de slakken zijn de verontreinigende stoffen goed gebonden en vindt uitloging nauwelijks plaats. Het kwikgehalte van de "afvalstoffenberg" van Sidmar wordt geschat op 500 kg (Enödy, 1990) of 1,7 ppm.

6.1.4. Fosfaatmeststoffen industrie

Voor België werd geschat dat de produktie van fosfaatmeststoffen jaarlijks leidt tot een flux van 160-820 kg kwik doorheen het produktieproces, voor een deel afkomstig uit de erts en voor een deel uit het ontsluitingszuur.

Er wordt verondersteld dat 3/4 van het kwik in de meststof (120-615 kg) terechtkomt, dus meteen in de voedselkringloop. Het overige deel komt in de afvalstromen (water en gips).

Vooraf het afvalgips (0,1 mg kwik/kg) is belangrijk voor de rechtstreekse milieueffekten van het industriële fosfaatproduktieproces. Bij de zwavelzure ontsluiting van het fosfaaterts ontstaan zeer grote hoeveelheden gips (zo'n 1.550.000 ton) per jaar. Dit zogenaamde fosforgips wordt opgeslagen op monostorten, in het oppervlaktewater geloosd of gebruikt in de bouwindustrie. Hierdoor kunnen belangrijke hoeveelheden kwik samen met gips geloosd of gedumpt worden (De Schutter, 1988). Rekenend met de concentratiefaktor van 0,1 mg kwik per kg fosforgips, zou jaarlijks op deze manier 155 kg kwik vrijkomen via het fosforgips, afkomstig van de erts en het ontsluitingszuur.

6.1.5. Bestrijdingsmiddelen

Door het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw wordt kwik in de

landbouwgrond geïntroduceerd. Ook het grondwater en het oppervlaktewater kan op deze manier verontreinigd worden.

Kontaminatie van oppervlaktewater kan optreden door overwaaiing (drift) van bestrijdingsmiddelen tijdens de toepassing. Drift vindt plaats bij hoge windsnelheid en bij gebruik van een kleine druppelgrootte.

Naast overwaaiing kan ook afspoeling (runoff) van bestrijdingsmiddelen een verontreiniging van oppervlaktewater veroorzaken.

Een kontaminatie van oppervlaktewater kan tevens plaatsvinden door uitspoeling van bestrijdingsmiddelen. Deze emissieroute kan beïnvloed worden door drainering.

Naast de processen van drift, afspoeling en uitspoeling kan ook droge depositie van bestrijdingsmiddelen leiden tot verontreiniging van oppervlaktewater (Berends, 1988).

Welke hoeveelheden kwik op die manier in het oppervlaktewater terechtgekomen zijn, werd niet geschat. Dit omdat de gebruikte hoeveelheid kwik zeer gering is (70 kg in 1990).

6.1.6. Farmaceutische produkten

Vervallen geneesmiddelen worden in een aantal gemeenten reeds apart ingezameld. Sedert juni '85 worden vervallen geneesmiddelen ingezameld via recipiënten geplaatst bij bijna alle apothekers in het Vlaams Gewest. De ophaling gebeurt 1 à 2 keer per jaar. De vervallen geneesmiddelen worden via de OVAM ter vernietiging afgevoerd naar een verbrandingsinstallatie (OVAM, 1990).

6.1.7. Laboratoria

In België is sedert 2.10.85 een K.B. van toepassing tot vaststelling van de sektoriële voorwaarden voor de lozing van afvalwater, afkomstig van de sektor van de laboratoria in de gewone oppervlaktewateren en in de openbare riolen. Zowel voor het lozen van afvalwater in de gewone oppervlaktewateren als voor het lozen in de openbare riolen wordt een limiet gesteld van maximum 0,01 mg kwik en kwikverbindingen uitgedrukt in Hg per liter.

Volgens de huidige Belgische wetgeving valt laboratoriumafval onder de toepassing van de wet van het giftig afval (wet van 22 juli 1974, KB van 9 februari 1976).

Principieel komt er in een labo geen kwik vrij daar het afvalwater, de reagenten en de solventen enz. selektief worden ingezameld voor afvoer en vernietiging via een erkend afvalverwerver.

De praktijk van diverse laboratoria is echter niet altijd konform met deze strenge voorschriften.

Een konkrete schatting van de hoeveelheid kwik die uit de laboratoria vrijkomt is zeer moeilijk te maken.

Het kwikgebruik kan met een faktor 10 gereduceerd worden door gebruik te maken van de mikro-COD-bepaling (kits) als o.a. Hach, Dr. Lange. Door toepassing van de kwikvrije methode (met zilver) kan het gebruik van kwiksulfaat bij de COD-bepalingen volledig geëlimineerd worden.

6.1.8. Tandheelkundige verzorging

Aanzienlijke hoeveelheden kwik kunnen vrijkomen uit amalgaamvullingen. In uitgedemde lucht van mensen met kwikamalgaam tandvullingen werden gemiddelde kwikgehalten van 0,85 tot 11,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gevonden met een maximum van 85,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ook de tandarts kan aan kwikdamp blootgesteld worden, bijvoorbeeld tijdens het boren. Toch wordt algemeen aangenomen dat, mits een goede hygiëne en het in acht nemen van enkele voorzorgsmaatregelen, het gevaar voor kwikvergiftiging door het werken met amalgaam gering is voor de tandarts.

Het gebruik van kwik in amalgaamvullingen is vooral belangrijk voor de verontreiniging van het afvalwater van de tandartsen.

Vaak wordt de oude vulling uitgeboord vooraleer een nieuwe vulling wordt gelegd. Het zijn vooral deze handelingen die belangrijk zijn voor de waterverontreiniging. Het afval dat tijdens het boren wordt vrijgesteld, wordt bijna volledig afgevoerd via de riolering.

Ook tijdens het aanbrengen van vullingen worden via de afzuiginstallatie amalgaamresten afgevoerd naar de riolering, vooral tijdens het modelleren van de vulling. In een CUWVO-rapport (1990) wordt geschat dat dit aandeel 25 % van de hoeveelheid aangemaakte amalgaam betreft. Van de aangemaakte amalgaam blijft ook nog zo'n 10 % over die niet als vulling wordt gebruikt. Deze resten komen normaal gezien niet in het afvalwater terecht.

Indien de som van al deze verliezen gemaakt wordt, wordt geschat dat ongeveer de helft van de gebruikte amalgaam in het afvalwater van de tandarts terecht komt en op

deze manier samen met het huishoudelijk afvalwater geloosd wordt. Voor België zou dit zo'n 1.600 kg kwik per jaar betekenen. Dit geloosde kwik veroorzaakt diffuse verontreiniging van riwoolslib, zuiveringsslib en oppervlaktewater.

Op korte termijn kunnen amalgaamresten direkt bij de bron uit het afvalwater worden verwijderd door het installeren van amalgaamafscheiders. Bijna alle types amalgaamafscheiders (principe van bezinken, centrifugeren, filtreren, cycloneren of combinatie) realiseren een rendement van 95 % of meer (CUWVO, 1990). Dit betekent dat na sanering de totale emissie van kwik met het afvalwater zou gereduceerd zijn tot 80 kg.

De prijsverschillen tussen de amalgaamafscheiders zijn groot. Er is reeds een afscheider te krijgen voor 6.000 frank : dit toestel werd in Zweden en Nederland goedgekeurd, in Duitsland echter niet.

Het amalgaam dat opgevangen wordt met de afscheider moet natuurlijk ingezameld worden en deskundig verwerkt. Eventueel kan de inzameling gebeuren door de verdelers van kwik bij de tandartsen. Een andere mogelijkheid is het huren van een afscheider en een container voor klein chemisch afval door de tandarts. Hierin kunnen dan naast het amalgaamafval ook andere afvalstoffen, zoals fotografische afvalstoffen, loodfolies en injectienaalden, worden verzameld.

Naast de afvalproblematiek die zich bij de tandartsen voordoet, hebben amalgaamvullingen indirekt nog een andere nadelige invloed op het milieu. Dit door de aanwezigheid van kwikdampen in de rookgassen van krematoria. Deze kwikdampen zijn afkomstig uit de tandvullingen van de overledenen.

Uitgaande van een Engelse schatting van Mills (1990) dat een volwassene gemiddeld 5 gevulde kiezen heeft, die samen ongeveer 3 gram kwik bevatten en 18.503 krematies in België in 1989, werd berekend dat in 1989 55,5 kg kwik vrijgekomen is via krematoria. In deze berekening wordt terecht verondersteld dat alle kwik onder de vorm van kwikdamp wordt vrijgesteld. Natuurlijk blijft het hier de vraag hoeveel van deze kwikdamp effectief uit de schoorsteen komt. Bij de krematoria worden filters geplaatst in de schoorstenen die de gevaarlijke stoffen in de rookgassen opvangen. Over de reële emissie van kwik door krematoria hebben we geen cijfermateriaal ter beschikking. Toch mag met zekerheid gezegd worden dat de kwikemissies veel lager zijn dan 55,5 kg per jaar.

Volgens Kleinschmidt van Inex Milieutechniek, een bedrijf dat filters voor krematoria levert, bevat 1 kg krematorium-vlieg-as 200 tot 300 mg kwik (De Morgen, 18.09.90).

Waarschijnlijk houdt ook het begraven van doden gevaren in voor een lokale kwikverontreiniging van de bodem van kerkhoven. Hoewel het amalgaam een stabiele legering is, is het mogelijk dat het kwik op lange termijn vrijkomt.

6.1.9. Elektrische apparatuur en controle-instrumenten

Bij deze toepassingen mag verondersteld worden dat de kwikverliezen bij het gebruik zeer gering tot verwaarloosbaar zijn (uitgezonderd bij ongelukken).

De kwikemissies naar het oppervlaktewater zijn waarschijnlijk zeer laag, enerzijds omdat het een zogenaamde "droge" industrie betreft en anderzijds omdat het grootste deel van het afval vast is. Toch is hier door storten nog altijd uitloging mogelijk, hoewel in geringe mate. Groter zijn de onrechtstreekse emissies in de sekundaire ijzer- en staalnijverheid en in de verbrandingsovens.

Thermometers

Bij het gebruik van kwikthermometers kan het kwik in het milieu terechtkomen als de thermometer breekt of als beschadigde thermometers als gewoon huishoudelijk afval worden behandeld (cfr. 4.9.).

De OVAM heeft echter de inzameling van thermometers opgenomen in het projekt "klein chemisch afval" en schat de impact van deze actie op de reductie van kwik vrij hoog. De verwachtingen zijn om jaarlijks in Vlaanderen zo'n 500 kg kwik in te zamelen als kwik van thermometers, barometers en kwikzouten, voor recyclage.

Lampen

De vervanging van lampen geïnstalleerd langs de rijkswegen, wordt georganiseerd door het intussen geregionaliseerde Ministerie van Openbare Werken (zie tabel 17). De hoeveelheid bedraagt ongeveer 430.000 lampen per jaar voor het Vlaams Gewest.

Soort lamp	Aantal lampen (vervangingen/jaar)	Hoeveelheid Hg per lamp (in mg)	Totale hoeveelheid gebruikte Hg (in kg)
natrium (lage druk)	45.000	0	0
natrium (hoge druk)	3.250	15	0,05
kwik (hoge druk)	2.800	50	0,14
kwik (lage druk, voornamelijk in tunnels)	20.000	20	0,40
kwik (lage druk, in wegwijzers)	150.000	20	3
gloeilampen (kruispunten)	210.000	0	0
Totaal	431.050		3,59

Tabel 17 : Vervangingen van lampen langs de Rijkswegen in Vlaanderen in 1986

Hiernaast zijn er ook de vervangingen in de dorpskommen. Deze gebeuren door de grote elektriciteitsmaatschappijen. Het aantal per jaar vervangen lampen is opgenomen in tabel 18. Het gaat hier over 734.000 lampen voor het Vlaams Gewest.

Soort lamp _____	Hoge druk kwik	Lage druk natrium	Hoge druk kwik	Lage druk kwik	Totale hoeveelheid gebruikte kwik in kg
Maatschappij					
INTERCOM	58.000	18.000	204.000	102.000	13,11
EBES	71.000	7.000	189.000	110.000	12,72
Totaal	129.000	25.000	393.000	212.000	25,83

Tabel 18 : Vervangingen van lampen in de dorpskommen in Vlaanderen in 1986

De vervangen lampen worden in opslag gehouden (zo'n 30 kg kwik per jaar) zodat het kwik niet in het milieu kan terechtkomen. De verwerking van de lampen kan gebeuren door de firma Leto Recycling in Nederland en de Duitse firma LVG (Lampe Verwerkingsgesellschaft) in Frankfurt, BRD. Vroeger werden deze lampen gestort. Aan EBES werd echter sedert 1 januari 1989 geen vergunning meer verleend om de vervangen lampen verder te storten (Enödy, 1990).

Door de vervanging van de lampen in de huishoudens kan, uitgaande van de veronderstelling dat alle lampen (1.300.000 lampen) in de vuilnisemmer terechtkomen, voor het Vlaams Gewest jaarlijks zo'n 26 kg kwik in het huisvuil en zo onrechtstreeks in het milieu (atmosfeer) terechtkomen.

In de industrie en in de dienstensektor worden jaarlijks zo'n 2.600.000 lampen (52 kg kwik) vervangen. Deze afval komt in Vlaanderen meestal in een klasse I of klasse II stortplaats terecht.

Relais

Het belangrijkste probleem bij het gebruik van kwik in relais is dat van de relais in auto's. Hoewel de Belgische automobielkonstruktors- en assembleurs geen kwikrelais gebruiken in auto's, moet rekening gehouden worden met deze inbreng van kwik in het milieu door de invoer van auto's. Dit kwik kan in het milieu worden vrijgesteld als de wagens verschroot worden.

Ook hierover ontbreken voorlopig Belgische cijfers.

Batterijen

Zoals reeds eerder vermeld, leveren vooral de alkaline en de kwikoxyde batterijen problemen op voor het leefmilieu.

70 % van de kwikoxyde batterijen komt in het huishoudelijk afval terecht, wat ongeveer 1,5 ton kwik in de afvalstroom brengt. De overige 30 % wordt gerecupereerd.

Hoewel de alkaline batterijen slechts 1 % kwik bevatten, brachten ze in 1986 ongeveer 6,3 ton kwik in het milieu. Dit omwille van het volume dat 10 à 100 maal groter is dan dat van de kwikoxyde batterijen en de veel grotere

verkoop. Deze batterijen worden niet gerecycleerd omwille van technische en economische redenen.

In het totaal kwam dus in 1986 ongeveer 7,8 ton kwik in de afvalstroom terecht.

In 1990 was de kwikuitstoot vanuit gebruikte kwikoxyde cellen 32 % lager dan in 1986.

6.1.10. Afvalstoffen

Giftige afvalstoffen

Voor Vlaanderen werd in 1989 813,907 ton (814 ton) kwikhoudend giftig afval (> 100 ppm Hg) aangegeven door de producenten (code 008).

Huishoudelijke afvalstoffen

Bij de bepaling van de hoeveelheid kwik die jaarlijks in het huisvuil terecht komt, moet rekening gehouden worden met recyclage, alternatieve wegen waarlangs het afval in de afvalstroom belandt, bv. grofvuil en de verblijftijd van het produkt op de markt. Het is echter vooral belangrijk dat de productiecijfers goed gekend zijn.

In plaats van balansen op te maken voor produkten kan ook de toepassing van kwik voor verschillende doeleinden gekwantificeerd worden. Deze laatste manier leidt tot een beter inzicht omtrent waar grote hoeveelheden kwik worden toegepast en hoe die eventueel in het huisvuil zullen terecht komen (Van Craen, 1988).

Voor de batterijen maar ook thermometers en barometers en in mindere mate elektrische apparaten komen in het huisvuil terecht. Voor de batterijen, de thermometers en de lampen is gekend hoeveel kwik jaarlijks gebruikt wordt en hoeveel de consumptie van deze apparaten bedraagt op jaarbasis. Voor de barometers en andere elektrische apparaten is weinig of geen informatie beschikbaar. Om deze reden is het onmogelijk om een korrekte produktbalans noch een kwikbalans op te stellen.

Een poging hiertoe levert het volgende resultaat op :

	kg Hg/totaal huishoudelijk afval		
	1985	1990	1995
koortsthermometers	2.000	1.000	0
batterijen	6.220	1.228	1.228
lampen (huishoudelijk gebruik)	26	26	26
Totaal	8.246	2.254	1.254

Tabel 19 : bronnen van kwik in huishoudelijk afval

Een deel van het huishoudelijk afval in België wordt verbrand, een deel gestort en een deel gekomposteerd. Verbranden is een belangrijke verwijderingswijze voor huisvuil. In 1987 werd in Vlaanderen 45 % van het huisvuil verbrand. Enkel in de provincies Oost-Vlaanderen en Limburg wordt een deel van het huisvuil gekomposteerd.

In tabel 20 wordt een overzicht gegeven van de verwerking van huisvuil in Vlaanderen.

	1981		1984		1987	
	ton	%	ton	%	ton	%
Komposteren	83.761	6	75.231	5	87.687	5
Verbranden	431.999	30	618.066	42	721.650	45
Storten	901.407	64	776.027	53	808.726	50
Totaal	1.399.167	100	1.469.324	100	1.618.063	100

Tabel 20 : Evolutie van de verwerkte hoeveelheden huisvuil in Vlaanderen (OVAM, Ontwerp-afvalstoffenplan, 1991-1995)

Huisvuilverbranding

Een groot deel van het huishoudelijk afval in Vlaanderen wordt verbrand, namelijk 45 % in 1987 (OVAM, Ontwerp-afvalstoffenplan, 1991-1995).

Bij de verbranding van afval waarin zich kwik bevindt, zal al het kwik

ontwijken. In de verbrandingsoven komen verder ook stoffen vrij als SO_2 , HCl en verschillende koolwaterstoffen. Het vrijkomende kwik kan op verschillende manieren met deze stoffen reageren. Bij een verbrandingstemperatuur van ruim 700°C zal de helft van het kwik in de vorm van kwikdamp en de andere helft als gasvormig kwikchloride (HgCl_2) uit het afval vrijkomen. Bij een hogere verbrandingstemperatuur wordt meer kwikdamp gevormd, bij een lagere temperatuur meer kwikchloride. Een elektrofilter, de rookgasreinigingsinstallatie die de meeste vuilverbrandingsovens bezitten, kan de kwikemissie nauwelijks verminderen. Tijdens de afkoeling van de rookgassen tijdens de reiniging, wordt het dampvormige kwik omgezet in kwikchloride. Een klein deel van de kwikdamp reageert tijdens de afkoeling met SO_2 en zuurstof tot kwiksulfaat (HgSO_4). Dit betekent dat het kwik, voornamelijk als kwikchloride in dampvorm, vrijwel geheel geëmitteerd wordt. De kleine hoeveelheden kwiksulfaat worden in de vorm van stof uitgestoten (Witte, 1984).

Ook Candreva en Dams (1986) kwamen tot de konklusie dat bij verbrandingsovens voor huishoudelijk afval het kwik zich voor nagenoeg 100 % in de gasfase bevindt en dus zo goed als niet kan opgevangen worden door elektrostatische precipitatoren.

Door neerslag kan het geëmitteerde kwik de bodem en het water verontreinigen.

Uitgaande van de vaststelling dat 45 % van het huisvuil verbrand wordt en een hoeveelheid verbrand huisvuil van 800.000 ton kan aan de hand van tabel 19 berekend worden hoeveel kwik aanwezig is per kg verbrand huisvuil.

	1985	1990	1995
kwik in huisvuil (kg)	8.246	2.254	1.254
kwik in verbrand huisvuil (kg)	3.711	1.014	564
redukcie t.o.v. 1985 (%)		73 %	85 %
mg Hg/kg verbrand huisvuil	4,6	1,3	0,7

Tabel 21 : Berekening van de hoeveelheid kwik in huisvuil en de redukcie t.o.v. 1985

Aangezien deze schatting van de hoeveelheid kwik in verbrand huisvuil slechts een zeer ruwe schatting en bijna zeker een onderschatting werd voor de bepaling van de kwikemissie tijdens de huisvuilverbranding uitgegaan van een door OVAM geschatte waarde van 2 mg kwik per kg verbrand huisvuil (OVAM, ontwerp-afvalstoffenplan, 1991-1995). De emissiefactoren voor kwik in huisvuil voor verbranding variëren in de literatuur van 0,5 tot 4,4 g/ton. De totaal verbrande hoeveelheid huisvuil in Vlaanderen is ongeveer 800.000 ton. Uitgaande van 2 mg Hg per kg verbrand huisvuil werd berekend dat jaarlijks

1.600 kg kwik in de atmosfeer terechtkomt door de verbranding van huishoudelijk afval in Vlaanderen. Voor heel België kan geschat worden dat jaarlijks zo'n 3.700 kg kwik in de atmosfeer geëmitteerd wordt door de verbranding van huisvuil.

Het aandeel van de batterijen hierin bedroeg in 1990 615-922 kg kwik uitgaande van de veronderstelling dat 25-50 % van de batterijen (308-615 kg kwik) selektief wordt opgehaald en dus niet in het huisvuil terechtkomt. Dit betekent dat 17 à 25 % van het kwik dat door huisvuilverbranding in België in de atmosfeer wordt geëmitteerd als de niet ingezamelde kwikbatterijen in het huisvuil verbrand worden, afkomstig is van batterijen.

Bij het verbranden van huisvuil worden aanzienlijke hoeveelheden water verbruikt (Buekens, 1976) :

- voor de afkoeling van de slakken
- als koelwater voor de laadschacht
- koelwater dat ingespoten wordt in een eventuele koeltoren en dat volledig verdampt
- waswater voor de natte gaswasser
- ketelwater voor de stoomketels

Aanzienlijke hoeveelheden zware metalen bevinden zich in het water afkomstig van het afkoelen van de slakken en het waswater van de gaswasser. Een zeer groot deel van de in het rookgaswater aanwezige zware metalen kan door een eenvoudige neutralisatie met Ca(OH)_2 , NaOH of soda in hydroxyden of carbonaten worden omgezet en neergeslagen. Voor nikkel en kwik, en in mindere mate voor cadmium, wordt afhankelijk van het chloridegehalte een zeer wisselend resultaat bekomen. Vooral kwik blijft soms in zeer grote concentraties achter. Een mogelijkheid om deze metalen verder te verwijderen, bestaat in het gebruik van TMT 15 (tri-mercapto-s-triazine-trinatriumzout) dat niet geurt en niet toxisch is (Reimann, 1987a).

Het blijkt dat kwik zeer sterk kan gereduceerd worden met TMT. Reimann (1987a) vond een reductie van 6,6 tot 0,045 mg kwik/liter afvalwater van de natte gaswasser na TMT-behandeling. Toch blijft zelfs na behandeling met TMT de concentratie kwik in het afvalwater nog 40 maal hoger dan de EEG-norm voor drinkwater (0,001 mg/l). Het afvalwater hoeft natuurlijk niet te voldoen aan de norm voor drinkwater. Niettemin moet er naar gestreefd worden om de concentraties laag te houden, zeker wanneer het water verder naar een zuiveringsinstallatie wordt gebracht, om daar geen belasting van het slib te veroorzaken (Van Craen, 1988).

Het koelwater van de slakken spoelt ook een gedeelte van de oplosbare zouten

uit en kan dus een hergebruik van de slakken bevorderen. Bijgevolg zijn ook in dit water hoge concentraties aan zware metalen mogelijk. Reimann (1987b) vond voor kwik een gemiddelde concentratie van 0,038 mg/l.

Storten

Het grootste deel van het huishoudelijk afval in Vlaanderen wordt gestort. In 1987 werd 50 % van het huishoudelijk afval gestort, waarvan echter 10 % eerst werd verkleind vóór het storten.

De mogelijkheid bestaat dat uit een afvalhoop bepaalde stoffen kunnen verdampen (met name kwikdamp) of via doorsijpelend regenwater uitgespoeld worden (perkolatie) en uiteindelijk in de bodem en het grondwater terechtkomen (Witte, 1984).

In Nederland is onderzoek gedaan naar het uitspoelen van kwik, koper en zink als componenten van batterijen, uit huishoudelijk afval. Kolommen werden met 180 kg huisvuil, waarin zich batterijen bevonden, gevuld. Door de kolommen liet men water lopen waardoor een kunstmatige beregening, overeenkomend met de jaarlijkse regenval in Nederland, gekreëerd werd. Het perkolatiewater werd opgevangen en hierin werden onder andere de gehalten zware metalen bepaald. Deze test werd drie jaar uitgevoerd. Er waren naast een referentiekolom die geen batterijen bevatte, een "kwikarme" kolom die zink-bruinsteen en alkalinebatterijen bevatte en een "kwikrijke" kolom die ook nog kwikoxyde batterijen bevatte. De hoeveelheden kwik per kolom met batterijen bedroegen respectievelijk 9 en 2883 gram. Deze beide kolommen vertoonden hetzelfde uitlooggedrag wat het kwik betreft. De eerste 30 liter water, die opgevangen werd onder aan beide kwikbevattende kolommen, bevatte de hoogste concentratie kwik. Het eventuele kwik dat later uitspoelde, kwam niet boven de detektielgrens. Het grote verschil in de hoeveelheden kwik tussen de kolommen, had geen invloed op het uitlooggedrag. Het is wel duidelijk dat de concentraties kwik uit batterijen in deze kolommen groter zijn dan in het algemeen in huisvuil zal voorkomen. Het experiment heeft echter wel aangetoond dat het kwik kan uitspoelen uit afvalhopen.

Of het kwik zal uitlogen en hoever het zal getransporteerd worden, is afhankelijk van het type bodem (bodemtextuur) van de stortplaats, de chemische eigenschappen van de organische en anorganische bodemkolloïden, van de bodempH en van het type kationen op het uitwisselingscomplex. In een literatuurstudie die gemaakt werd in opdracht van de OVAM door Devolder (1988) bleek dat de factoren die de uitloging van kwik negatief beïnvloeden of m.a.w. de adsorptie van kwik aan de bodem positief

beïnvloeden een hoge kationenuitwisselingscapaciteit zijn (CEC = Cation Exchange Capacity) wat bereikt wordt door een hoog kleigehalte en/of een hoog gehalte organisch materiaal en waarschijnlijk door een pH lager dan 6. Als echter de chloride-ionen concentratie toeneemt in een bodem vermindert de kwikadsorptie en vermeerdert de uitloging, waarschijnlijk ten gevolge van een kompetitief effect tussen de kwik-ionen en de natrium-ionen die de chloride-ionen vergezellen.

Verder bestaat ook de mogelijkheid dat kwik, dat zich in een afvalhoop bevindt, omgezet wordt in het zeer toxische methyalkwik door mikro-organismen.

Tevens kan kwik ten gevolge van bacteriële reductie omgezet worden van Hg(II) tot elementair kwik dat vervluchtigbaar is. Hier speelt de bodemtemperatuur een rol waardoor de kwikkoncentraties in een bodem licht toenemen in de winter en afnemen in de zomer. Dit zou ook voor storten een rol kunnen spelen.

Dhaese (1981) vond echter dat wanneer kwik aan een bodem wordt toegevoegd, gemiddeld 98 % van het kwik wordt teruggevonden. Dit zou erop wijzen dat er geen aanzienlijke vervluchtiging optreedt. Hogg et al. (1987) konkludeerden dat bodems die grote hoeveelheden kwik kunnen adsorberen minder kwik verliezen door volatilisatie. Dit is waarschijnlijk de verklaring van de geringe volatilisatie die Dhaese waarnam (Devolder, 1988).

Komposter

In België wordt slechts een zeer klein deel van het huishoudelijk afval gekomposteerd, namelijk slechts 5 % in 1987.

In Zweden is onderzoek verricht naar de gehalten zink, koper, lood, cadmium en kwik in kompost uit huishoudelijk afval (Swedish National Environmental Protection Board, 1983). Al deze metalen kwamen in verhoogde concentraties voor in de kompost. Dit betekent dat het gebruik van deze kompost tot verontreiniging van de bodem met zware metalen kan leiden. Ook is aangetoond dat kwik door planten kan worden opgenomen. Kwikhoudende afvalstoffen moeten dus vóór het komposter

van het huishoudelijk afval verwijderd worden. Anders treedt verontreiniging van de bodem op en kunnen de zware metaal gehalten van planten en eventueel groenten toenemen als gevolg van het gebruik van deze kompost (Witte, 1984).

In België bestaan normen voor de gehalten aan zware metalen in huisvuilkompost voor de teelt van voedings- en voedergewassen en voor de groenvoorziening en de sierteelt (B.S. 25.03.86). Kompost voor de teelt van voedings- en voedergewassen mag niet meer dan 5 mg kwik per kg droge stof bevatten. Dezelfde norm geldt voor de kompost gebruikt voor de groenvoorziening en de sierteelt. Het is mogelijk dat in de toekomst deze normen zullen verstrengd worden.

In ons land zijn er praktisch geen analysegegevens beschikbaar. In een marktstudie voor de recyclage van organische afvalstoffen, uitgevoerd in opdracht van de Diensten voor Programmatie van het Wetenschapsbeleid, wordt geschat dat de concentraties zware metalen in huisvuilkompost beneden die in zuiveringsslib liggen (Vanacker, 1978).

Afvalwater

In het Vlaams Gewest zijn 99 RWZI's in bedrijf (toestand eind '88). De totale slibproductie bedroeg 26.500 ton droge stof in 1988. Met een droge stofgehalte van 4 % betekent dit 662.500 m³.

In de RWZI's wordt vooral huishoudelijk afvalwater gezuiverd waarin zware metalen in zeer geringe concentraties voorkomen.

	Reële hoeveelheid		Droge stof		Kwikkoncentratie (gewogen gemiddelde in ppm)
	ton	%	ton	%	
Landbouw	150.412	60,7	7.630	19,2	1,6
Zwarte grond	14.143	5,7	2.964	7,5	2,5
Stort	61.325	24,7	22.512	56,8	2,4
Verbranding	21.928	8,8	6.539	16,5	1,6
Totaal	159.657	100,0	39.645	100,0	8,1

Tabel 22 : Hoeveelheid afgezet slib per eindbestemming in het Vlaams Gewest in 1989 (VMZ, 1990)

De hoeveelheid kwik aanwezig in de jaarlijks geproduceerde hoeveelheid RWZI-zuiveringsslib in het Vlaams Gewest is van de grootte-orde van 100 kg.

6.1.11. Gebruik fossiele brandstoffen

De fossiele brandstoffen steenkool en aardolie bevatten kwik. Dit kwik komt vrij in de atmosfeer bij de verbranding van de brandstoffen. Aardolie bevat minder dan 0,05 ppm kwik. Het totaal benzine- en diesilverbruik in België van 6.331.000 ton in 1989 vertegenwoordigt dus een kwikinhoud van minder dan 320 kg. Steenkool daarentegen levert bij verbranding een belangrijke bijdrage tot de kwikverontreiniging van de atmosfeer. Uit de literatuur blijkt dat steenkool gemiddeld 3 ppm kwik bevat. De variatie is echter aanzienlijk. De precieze hoeveelheid kwik die in de in België aangewende steenkolen aanwezig is, is niet gerapporteerd.

Sektor	Steenkoolconsumptie (in 1.000 ton)	hypothese 1 3 ppm Hg in steenkool	hypothese 2 0,09-0,18 ppm Hg in steenkool
Cokesbedrijven	6.965	2.090	188-376
Centrales	4.400	1.320	119-238
Industrie	1.233	370	33-66
Huisbrand	683	205	18-37
Terriluitbaters ¹	1.180	354	32-64
Totaal	14.461	4.339	390-781

Tabel 23 : Steenkoolconsumptie (in 1.000 ton) en kwikemissies in de atmosfeer (in kg) in 1989 door de aanwending van steenkool, enerzijds berekend met een concentratiefactor en anderzijds met een emissiefactor

Van de in België verbruikte steenkool wordt 48 % gebruikt door de cokesbedrijven, 30 % door de elektriciteitscentrales, 8 % door de industrie en 5 % door de huishoudens (Kempense Steenkoolmijnen, 1990).

Ervan uitgaande dat steenkool 3 ppm kwik bevat, werd berekend hoeveel kwik jaarlijks in de atmosfeer geëmitteerd wordt door de cokesbedrijven, de elektriciteitscentrales, de industrie en de huishoudens tijdens de aanwending van steenkool. Dit totaalcijfer voor de emissie van kwik in steenkool gaat er van uit dat er in de schoorstenen geen kwikweehoudende filters of een andere vorm van luchtzuivering wordt toegepast.

Als bij de berekening uitgegaan wordt van een emissiefactor van 0,09-0,18 gram kwik per ton verbrande steenkool (emissiefactor gebruikt door Frankrijk, Atmos 8/info 18), dan zou voor België jaarlijks tussen 400 en 800 kg kwik vrijkomen in de atmosfeer door de aanwending van steenkool in cokesbedrijven, elektriciteitscentrales, industrie, huishoudens en door terriluitbaters.

¹ waarvan 80 à 90 % naar de Belgische Centrales

Gezien de grote verschillen (faktor 30) tussen de berekeningen, is het wenselijk dat dit probleem verder wordt uitgediept.

Naast de kwikemissie naar de atmosfeer als damp, kunnen ook kleine hoeveelheden kwik in het milieu terechtkomen als vast afval.

6.1.12. Samenvattende tabel

SEKTOR	KWIKGEBRUIK (kg/jaar)	LUCHTEMISSIE (kg/jaar)	WATEREMISSIE (kg/jaar)	AFVAL (kg/jaar)
Chlooralkali-industrie	28.500	3.500	160	> 13.500 ³
Katalysator	0	0	0	0
Non-ferro industrie	62.000	30	70	2.400
Sekundaire ijzer- en staalindustrie	-	30-8.000	?	?
Fosfaatmeststoffenindustrie	160-820	0	?	?
Bestrijdingsmiddelen	70	?	?	?
Farmaceutische industrie	8.000	?	?	?
Laboratoria	20-150	0	?	?
Tandheelkundige verzorging	3.200	?	1.600	?
Elektrische apparaten en kontrole-instrumenten	2.430			?
* thermometers	1.000	-	0	
* lampen	200	50 ²	0	
* relais	0	-	0	
* batterijen	1.132	615-922 ²	0	
Krematoria	-	< 55	0	?
Huisvuilverbranding	-	3.700	0	?
Benzine + diesel	< 320	?	0	0
Steenkool	4.339	390-781	0	?
* huisbrand	205	18-37	0	?
* elektriciteitscentrales	1.320	119-238	0	?
* cokesbedrijven	2.090	188-376	0	?
* industrie	370	33-66	0	?
* terriëlbaters	354	32-64	0	0
Totaal	109.039-109.829	8.370-16.647	> 1.830	

Tabel 24 : samenvattende tabel van het gebruik, de luchtemissie, de wateremissie en het afval dat ontstaat door het gebruik van kwikverbindingen

² niet meegerekend in totaal

³ slechts van 2 bedrijven (2 vestigingen)

6.2. Totale inbreng in de Noordzee

6.2.1. Alle Noordzeelanden

Het ICWS (1990) berekende aan de hand van het Quality Status Report of the North Sea (1986) de totale input (alle bronnen) van kwik in de Noordzee in 1985. Deze gegevens zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Bron	ICWS (1990)	Van Warmenhoven et al. (1989)	Van Aalst et al. (1983)
Rivierinput	10	-	40
Atmosferische neerslag	10-30	7	< 36
Direkte input	5	-	2
Storten ¹	18	-	26
Totaal	43-63	52	70-110

Tabel 25 : De totale input (alle bronnen) in de Noordzee in 1985 in ton kwik per jaar (bron : ICWS, 1990)

Atmosferische inbreng

Voor kwik blijkt dat de atmosferische input naar de Noordzee overweegt op de andere bronnen. Volgens de gegevens van het ICWS (1990) is de atmosfeer transportroute voor 20-70 % van de input van kwik in de Noordzee. Volgens een berekening van Warmenhoven et al. (1989) is 13 % (7 ton) van de hoeveelheid kwik die jaarlijks in de Noordzee wordt gebracht van atmosferische oorsprong.

Inbreng via de rivieren

Grote hoeveelheden afvalmateriaal komen in de Noordzee via rivieren als de Rijn, de Theems, de Elbe, de Schelde, ...

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gemiddelde jaarlijkse vrachten van de rivieren naar de Noordzee.

¹ storten van baggerspecie, zuiveringsslib, industrieel afval en verbranding op zee

Rivieren	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Elbe	2,92	0,58	1,18	7,05		
Weser	2,58	1,39	1,18	3,16		
Ems	0,41	0,49	0,13	0,18		
Rijn-Maas	6,19	3,04	3,03	3,91		
Schelde	1,27	-	0,2-0,25 ²	1,00 ⁴	1,82 ⁴	0,27 ⁴
Theems	0,43	0,49	0,05	0,18		
Humber	2,23	0,69	0,74	1,07		
Tees	0,40	0,32	0,05	0,08		
Tyne	0,74	1,92	23,32 ³	0,86		
Forth	-	0,02	-	-	0,015	
Totale vracht	17,17	8,94	> 6,82 ⁵	17,49		

Tabel 26 : Gemiddelde jaarlijkse kwikvrachten in ton/jaar voor de verschillende inputpunten in de Noordzee (bron : ICWS, 1990 en Schelde : Annual Reports on input of Cd, Hg, PCB's, Cu, Zn, Pb during 1987, 1988 and 1989, Paris Commission)

6.2.2. België

De belangrijkste transportroutes van kwik naar zee zijn enerzijds het Scheldebekken en anderzijds de atmosferische uitval. Daarnaast dienen volledigheidshalve ook nog de directe input langs de Belgische kust alsook de lozingen op zee (dumping) beschouwd te worden.

Atmosferische inbreng

Er werd tot op heden geen globale kwik-emissieinventaris opgesteld voor België.

Volgens een Nederlandse studie (Van Jaarsveld et al., 1986) bedraagt de totale Belgische en Luxemburgse atmosferische emissie van kwik 8,3 ton/jaar. Dit cijfer is gebaseerd op een theoretische berekening met behulp van emissiefactoren.

² bron : Temmerman, 1988

³ Deze hoge waarde is afkomstig van slechts 1 observatie en kan waarschijnlijk toegeschreven worden aan een accidentele lozing of aan een verkeerde analyse.

⁴ BMM

⁵ Waarde Tyne (1986) niet meegerekend

Over de vraag hoeveel van dit kwik uiteindelijk via de atmosfeer de Noordzee bereikt, werd geen informatie teruggevonden.

Inbreng via het Schelde-estuarium

Het is duidelijk dat voor België de belangrijkste bijdrage geleverd wordt door de Schelde, enerzijds omwille van het hoge jaargemiddelde debiet en anderzijds omwille van de vracht aan contaminanten.

In het Mina-Plan (1990) werd op basis van de gemeten gemiddelde opgeloste kwikgehalten (IHE-gegevens) en plaatselijke debieten een kwikvracht in het Scheldebekken berekend voor 1985 en 1989 (tabel 27).

Meetplaats	Debiet in m ³ /sec	gemeten gemiddelde kwikgehalte in mg/l		kwikvracht in kg/jaar	
		in 1985	in 1989	in 1985	in 1989
Schelde (Pottes)	22,08	0,04	0,04	28	28
Leie (Wervik)	17,00	0,08	0,04	21 ⁶	11 ⁶
Subtotaal (F)				49	39
Dender (Geraardsbergen)	4,50	-	0,02	3	3
Zenne (Lembeek)	3,35	0,06	0,04	6	4
Dijle (Korbeek-Lo)	4,65	0,14	0,02	20	3
Grote Gete (Hoegaarden)	1,14	0,07	0,06	2	2
Subtotaal (W)				31	12
Zenne (Vilvoorde)	8,00	0,03	0,02	7,6	5
Zenne (Ruisbroek)	5,00	0,05	0,04	8	6
Subverschil (B)				0	0
Schelde (Doel) (N)	122,40	0,06	0,21	232	811
Schelde (Zwijnaarde)	27,00	0,05	0,02	42,5	17
Schelde (Kruibeke)	114,40	0,05	0,02	180	72
Dender (Dendermonde)	9,80	-	0,03	9	9
Rupel (Niel)	63,20	0,07	0,07	140	140
Zenne (Heffen)	10,20	0,06	0,02	19	6,5

Tabel 27 : Kwikvracht in de Schelde (Mina-Plan, 1990)

⁶ slechts de helft van de vracht van de Leie komt in de Schelde

De kwikvracht te Doel was 232 kg in 1985 en 811 kg in 1989. De vracht in het Schelde-estuarium afkomstig van het Kanaal Gent-Terneuzen bedroeg in 1985 48 kg en in 1989 53 kg. Deze vrachten werden berekend door het produkt te maken van de jaargemiddelde afvoer en de jaargemiddelde concentraties.

Ook Temmerman E. (1988) maakte een schatting van de hoeveelheid kwik die jaarlijks door de Schelde naar de Noordzee wordt getransporteerd. Hij berekende een totaal kwiktransport van ongeveer 200 tot 250 kg per jaar (0,2-0,25 ton/jaar), waarvan ongeveer 140 tot 180 kg (0,14-0,18 ton) opgelost kwik en 40 tot 80 kg (0,04-0,08 ton) partikulair kwik. Hiervoor baseerde hij zich op het gemiddeld debiet van de Schelde op jaarbasis tijdens de periode 1949-1980 te Schelle (100 m³/s) en de gemeten concentraties kwik te Antwerpen en Burcht (ongeveer 50 ng/l opgelost kwik en 20 ng/l op de gesuspendeerde deeltjes). Dit is slechts een ruwe schatting omdat geen nauwkeurige gegevens beschikbaar waren over het debiet tijdens de metingen. Het berekende kwiktransport is bovendien slechts geldig in het gebied rond Antwerpen.

De in het Minaplan (1990) geciteerde vrachten zijn gebaseerd op de gegevens van het IHE en zijn gemeten aan de Belgisch-Nederlandse grens te Doel en geven dus slechts de bruto-input in het Scheldeëstuarium weer en niet de netto-input in de Noordzee.

Tevens werd de vrachtberekening sterk vereenvoudigd (enkel opgelost kwik, geen rekening met sedimentatie, getijdestromingen en estuariene processen) en is dus slechts een zeer ruwe benadering van de bruto-inbreng van het Scheldeëstuarium in de Noordzee.

De netto-inbreng van het Scheldeëstuarium naar de Noordzee wordt bepaald door de hoeveelheid kwik die omgezet en/of vastgelegd wordt in het estuarium.

Verschillende auteurs hebben geprobeerd om de mariene inbreng te schatten van zware metalen van het Scheldeëstuarium naar de Noordzee (= netto-input).

Als voorbeeld wordt Baeyens (1982) aangehaald die een dergelijk schatting heeft gemaakt. Hij kwam tot een inbreng van 0,60 ton kwik (of 0,10 ton opgelost kwik en 0,50 ton partikulair kwik).

Om tot een meer volledige schatting van de inbreng van het Schelde-estuarium in de Noordzee te komen moeten, naast de Schelde, ook de andere inputs in het Scheldeëstuarium in rekening worden gebracht.

Van der Kooij (1982) heeft een schatting gemaakt van de totale belasting van de Westerschelde in 1981 door diverse bronnen.

Bron	kwikinbreng (ton/jaar)
Zeeschelde	1,2
Direkte lozingen	0,02-0,04
Stortingen	
Kanalen	0,02
Totaal	1,24-1,26

Tabel 28 : Schatting van de belasting van de Westerschelde in 1981 door diverse bronnen in ton/jaar (bron : Van der Kooij, 1982)

Direkte lozingen

Langs de Belgische kust zijn, met uitzondering van 2 overstortleidingen, één in de Panne en één tussen Koksijde en Oostduinkerke, geen direkte industriële of andere lozingspunten.

Voor 1985 was de geloosde hoeveelheid door deze 2 riolen kleiner dan de gemiddelde geloosde hoeveelheid per uur door de Schelde (Staatssekretariaat voor Leefmilieu, 1990).

Stortingen

Sinds 31.12.89 is het storten van industrieel afval in zee verboden. België stort geen rioolwaterzuiveringsslib afkomstig van zuiveringsinstallaties voor huishoudelijk afvalwater.

Storting van industrieel afval

Volledigheidshalve wordt hierna een overzicht gegeven van de hoeveelheid kwik die door het storten van afval van Belgische firma's in de Noordzee werd gebracht in de laatste vijf jaar dat deze activiteit was vergund.

	1985	1986	1987	1988	1989
Gestort industrieel afval (in ton)	618.000	614.000	609.000	567.000	366.000
lading kwik (kg)	8	8	3	3	1

Tabel 29 : Totale hoeveelheid Belgische industriële afvalstoffen gestort in de Noordzee in ton tussen 1985 en 1989

Storting van baggerspecie

De baggerwerken worden verdeeld in aanlegbaggerwerk en onderhoudsbaggerwerk.

De BMM en Openbare Werken (1990) schetsen een mogelijk toekomstperspectief over de omvang van de baggerwerken. De hoeveelheid voor onderhoudswerken gebaggerd en gedumpt langs de Belgische kust wordt geschat op zo'n 23 miljoen ton per jaar. Het grootste deel van dit materiaal is afkomstig van baggerwerken om de vaargeulen van de Westerschelde en de havens van Zeebrugge, Oostende, Nieuwpoort en Blankenberge vrij te houden.

In de praktijk zijn deze operaties enkel een verplaatsing van sediment en worden er geen bijkomende contaminanten ingebracht. Toch is het zo dat het baggermateriaal van de havens zelf meer gekontamineerd is door vervuiling uit kanalen en rechtstreekse lozingen en dat storten dus een reële transfert naar het mariene milieu veroorzaakt.

Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van een schatting van de inbreng van kwik door baggerspecielossingen in het mariene milieu.

Baggerzone	X miljoen ton (1988-'89)	ppm Hg	ton Hg (88-89)
VAARGEULEN			
- naar Nieuwpoort	0,110114	< 0,020	< 0,002
- naar Oostende	0,872014	0,086	0,075
- naar Blankenberge	0,185719	0,111	0,021
- naar Zeebrugge en Westerschelde :			
* Scheur west	5,634244	0,216	1,217
* Scheur oost			
* Pas van Zand	11,745353	0,324	3,805
HAVENS	4,456640		1,889
- Nieuwpoort	0,584025	0,162	0,095
- Oostende	0,544367	0,281	0,153
- Blankenberge	0,068192	0,392	0,027
- Zeebrugge voorhaven	3,260056	0,495	1,614
Totaal	23,004084		7,009

Tabel 30 : Transport van kwik in de hoeveelheid gebaggerd materiaal in 1988-'89 (BMM, Diensten van de Vlaamse Executieve, Openbare Werken en Verkeer, Bestuur der Waterwegen en van het Zeewezen, 1990)

Als referentiewaarden werd geopteerd voor monsters (slib van 1905, tertiaire klei) waarvan men mag veronderstellen dat de antropogene invloed nihil of zeer klein is geweest. Deze bevatten respectievelijk 0,580 en 0,219 ppm Hg. Uit tabel 30 mag bijgevolg besloten worden dat de antropogene kwikhoeveelheid lager is dan 7 ton.

Verbranding op zee

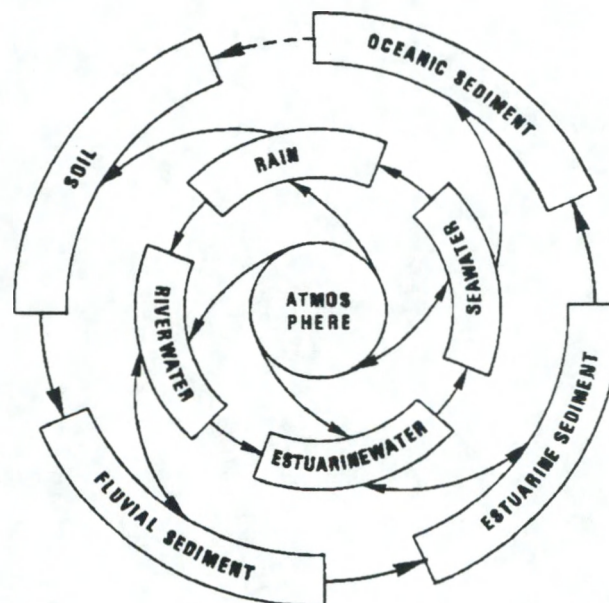
Sinds 1.01.91 worden in België geen vergunningen meer afgeleverd voor de verbranding van industrieel afval op zee.

Door de verbranding op zee van 6.000 ton afval werd in 1990 0,6 kg kwik in de mariene atmosfeer gebracht.

7. GEDRAG EN KONCENTRATIES VAN KWIK IN DE VERSCHILLENDE MILIEUKOMPARTIMENTEN

Het kwik dat ten gevolge van natuurlijke processen en/of menselijke activiteiten in het milieu terechtkomt, wordt in 1 van de milieukompartimenten (atmosfeer, water, bodems, sedimenten) geïntroduceerd en dan getransporteerd van het ene kompartiment naar het andere.

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van het transport van spore-elementen in de hydrologische cyclus. De buitenste ring stelt het partikulair transport voor. De binnenste ring toont de beweging van oplosbare spore-metalen en hun interactie met het partikulair materiaal. Het centrum stelt de atmosfeer voor en de invloed op alle delen van de hydrologische cyclus.



Figuur 2 : Schematisch overzicht van het transport van spore-elementen in de hydrologische cyclus (Salomons et al., 1984).

Bij de overgang van kwik van het ene milieukompartiment naar het andere spelen talrijke processen een rol, afhankelijk van de vorm waarin het kwik voorkomt.

Kwikdamp wordt bijvoorbeeld over veel grotere afstanden verplaatst dan kwik verbonden aan partikulair materiaal. Als kwik over landmassa's beweegt, kan het verschillende malen afgezet en opnieuw in de dampfase gebracht worden. Hoewel

de verblijftijd tussen 2 afzettingen slechts enkele dagen is, kan het kwik in die tijd toch over enkele honderden kilometers verplaatst zijn.

Het opnieuw verdampen van kwik na afzetting is belangrijker boven land dan boven de oceanen. Als een luchtmassa die kwik bevat zich boven een oceaan verplaatst, wordt verondersteld dat na enkele honderden kilometers het kwik in de oceaan is terecht gekomen.

Volgens Nriagu (1979) zijn de fluxen tussen het land en de atmosfeer een factor hoger dan het transport van de continenten naar de oceanen. Bij het transport van het land naar de atmosfeer is vooral elementair kwik betrokken, terwijl het kwik dat van het land naar de zee getransporteerd wordt hoofdzakelijk gebonden is aan gesuspenderde deeltjes.

In het akwatisch milieu worden 4 abiotische reservoirs onderscheiden : gesuspenderd materiaal, sedimenten, oppervlaktewateren en interstitieel water. Deze 4 reservoirs staan in grote onderlinge interactie.

Op hun weg van het vasteland naar de oceanen zijn spore-metalen aan tal van processen onderworpen. Tijdens het transport wijzigt de verdeling tussen de opgeloste en de partikulaire fase.

Hierna wordt per milieukompartiment (atmosfeer, water, bodems en sedimenten, akwatische en landbiota) een algemene beschrijving gegeven van de toestand waarin het kwik kan voorkomen, de mogelijke transformaties, het gedrag van het kwik in dit milieukompartiment en de overgang naar de andere kompartimenten. Tot slot wordt ook een overzicht gegeven van de bepaling van kwik in deze milieukompartimenten in België en de resultaten hiervan.

7.1. Atmosfeer

Lange afstandstransport van kwik vindt voornamelijk via de atmosfeer plaats. Schattingen van de verblijftijd van kwik in de atmosfeer variëren van 5,5 tot 700 dagen. Deze waarden lopen dermate uiteen omdat er nog onvoldoende kennis bestaat over de speciatie van het kwik in de atmosfeer.

Het transport van kwik naar de atmosfeer vindt voornamelijk plaats door verdamping (ontgassen) onder de vorm van metallisch kwik. Hoewel een juiste schatting van land- en oceaanontgassing zeer moeilijk is, geeft Matheson (1979) de volgende globale waarden op : landontgassing 17.800 ton/jaar, open oceaan ontgassing 7.600 ton/jaar, kustwaterontgassing 1.400 ton/jaar en vulkanische activiteit 20 ton/jaar. De totale geschatte inbreng van kwik in de atmosfeer door ontgassing is 26.820 ton/jaar. Deze schatting houdt natuurlijk een grote onzekerheidsfaktor in. Metallisch kwik wordt echter ook rechtstreeks in de

atmosfeer geëmitteerd door bijvoorbeeld industriële processen.

Dit metallisch kwik wordt in de atmosfeer door foto-oxydatie waarschijnlijk omgezet in de water-oplosbare anorganische Hg(II)verbindingen en methylkwik.

Het transport van kwik van de atmosfeer naar het aardoppervlak vindt voornamelijk plaats door natte depositie (uitregenen).

Kwikcyclus : Water-oplosbare atmosferische kwikverbindingen worden door uitregenen naar het aardoppervlak getransporteerd. Na reductie tot metallisch kwik kan het kwik door verdamping terug naar de atmosfeer getransporteerd worden. In de atmosfeer kan metallisch kwik geoxydeerd of gemethyleerd worden tot water-oplosbare verbindingen die weer kunnen uitregenen.

Uit tabel 2 met de achtergrondgehalten van kwik in het milieu blijkt dat de kwikkoncentraties in de atmosfeer boven het land hoger zijn dan boven de oceanen. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan de geringe hoeveelheid kwik in het oceaanwater. De hoge concentraties boven de stedelijke gebieden zijn vooral het gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen.

Op nationaal vlak is de afdeling "Lucht" van het IHE (Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu) verantwoordelijk voor de controle van de luchtkwaliteit in België. Meer specifieke regionale of lokale controles worden uitgevoerd in samenwerking met de regionale administraties verantwoordelijk voor het leefmilieu in Vlaanderen, Brussel en Wallonië.

Hiervoor beschikt het IHE o.a. over het meetnet "zware metalen". Kwik wordt echter niet gemeten zodat geen gegevens beschikbaar zijn over de concentraties kwik in de omgevingslucht.

Ook in het "regen-meetnet" voor de bemonstering van de neerslag, is de bepaling van kwik niet opgenomen.

Aan de Rijksuniversiteit Gent werd in het voorjaar van 1983 door Candreva en Dams onderzoek verricht naar de zware metalen concentraties (waaronder kwik) in de omgeving van een huisvuilverbrandingsinstallatie in Vlaanderen.

In de omgeving van de huisvuilverbrandingsoven van Gent werden metingen uitgevoerd. Deze oven heeft een capaciteit van 250 ton per dag en een kwikemissie van 4,7 g/h. Bij continue uitbating geeft dit een totale jaarlijkse emissie van ongeveer 41 kg kwik.

De gemiddelde concentratie kwik in de omgevingslucht van de verbrandingsinstallatie bedroeg gemiddeld 7,1 ng/m³.

In een meetpunt 150 m windafwaarts werd tot 15 ng/m³ kwik gemeten. De pollutieroos van het meetpunt dat opgesteld was op de terreinen van het Universitair Ziekenhuis, dat onmiddellijk ten westen van de installatie gelegen is, duidde onverwacht een sterke lokale bron aan : het Tandheelkundig Instituut.

De maximale immissiekoncentratie treedt normaal op op ongeveer 2 km van de bron (volgens dispersiemodellen). De bijdrage van de incinerator tot de maximale gemiddelde jaarlijkse immissiekoncentratie lijkt niet onmiddellijk alarmerend. De vraag blijft echter in hoeverre de emissies geen kortstondige zeer hoge concentraties in de omgevingslucht kunnen veroorzaken en wat het eventueel effect hiervan op de gezondheid kan zijn. Deze kortstondige hoge emissies kunnen het gevolg zijn van het tijdelijk niet werken van de elektrostatische precipitatoren, wat wel eens meer voorkomt en waarbij tot 50 maal hogere concentraties aan vaste stoffen in de uitstoot van de incinerator mogelijk zijn (Waque, 1984), of door ongunstige weersomstandigheden (Van Craen, 1988).

7.2. Water

In de literatuur is men het erover eens dat de menselijke bronnen van kwikverontreiniging de kwikniveau's in de oceanen niet significant verhogen, maar dat lokaal in kustwateren en vooral in zoetwatersystemen significante effecten kunnen optreden. Volgens Young et al. (1973) zou de antropogene inbreng van kwik in kustwateren zowat de natuurlijke inbreng evenaren.

Eens de kwikverbindingen de oceanen bereikt hebben, nemen ze deel aan de intrinsieke biogeochemische processen en cyclussen van de oceanen. Uiteindelijk worden ze, omwille van hun lage oplosbaarheid in water, geadsorbeerd aan gesuspendeerd partikulair materiaal of vastgelegd in de mariene sedimenten, waar ze verschillende miljoenen jaren blijven, vooraleer deel te nemen aan de volgende hydrologische cyclus.

Aangezien kwikverbindingen ook opgenomen worden door land- en waterplanten (zie 7.4.), blijft de kwikinhoud van de oppervlaktewateren en de oceanen laag.

7.2.1. Concentraties in water

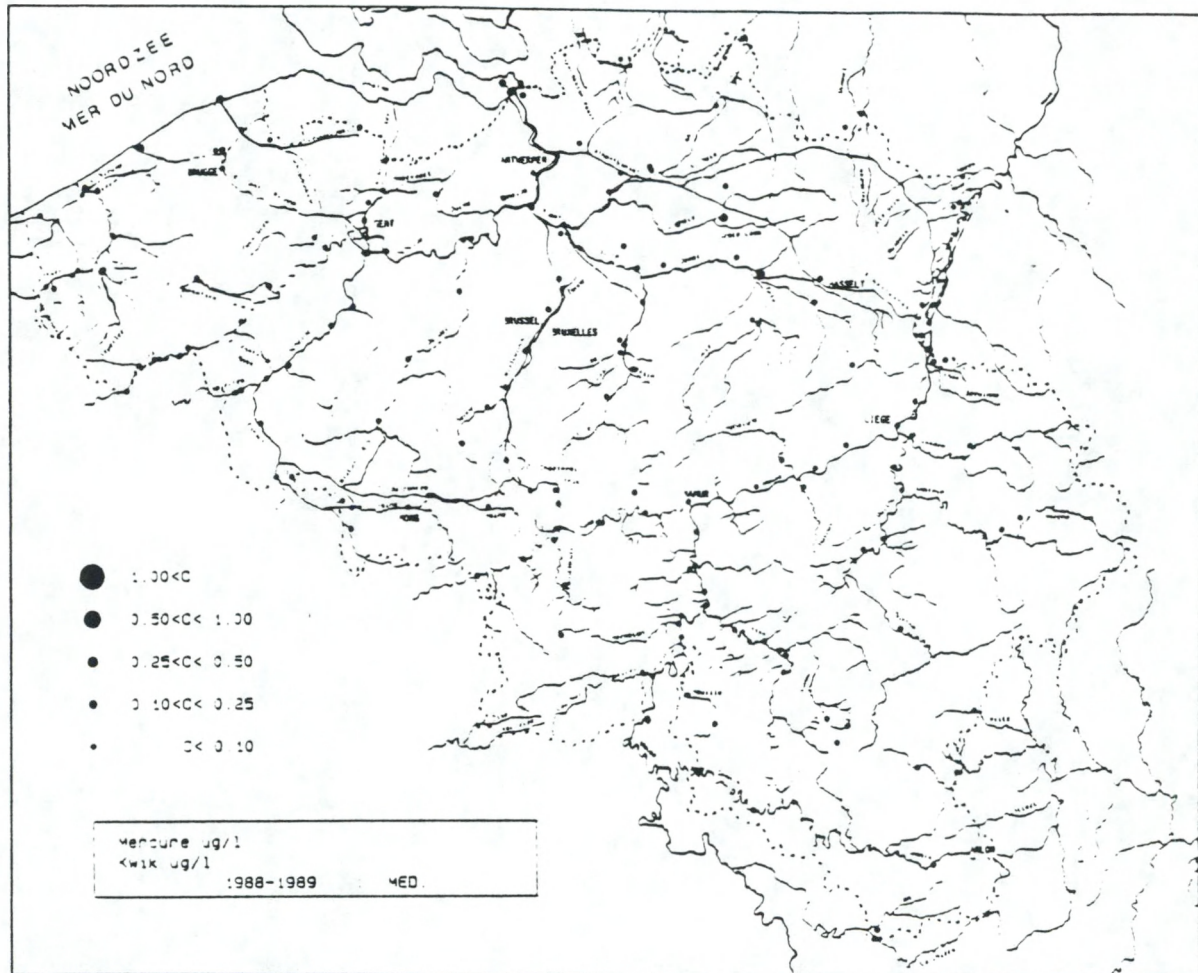
Zowel de nationale als de Vlaamse basiskwaliteitsnorm voor oppervlaktewateren voor totaal kwik bedraagt 0,5 µg/l.

Zoetwater

Uit de resultaten van het meetnet van het IHE voor alle Belgische

oppervlaktewateren, blijkt dat tijdens de jaren 1988-1989 geen enkele overschrijding meer voorkwam van de basisnorm.

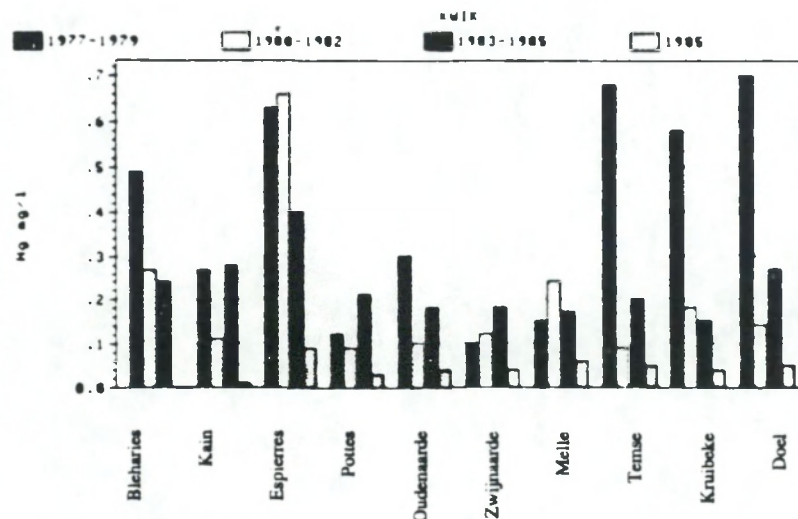
De resultaten (mediaanwaarden) zijn uitgezet op onderstaande figuur.



Figuur 3 : Concentraties kwik in de Belgische oppervlaktewateren, 1988-1989 (statusrapport, 1990)

Meer specifiek geldt dus ook voor de Schelde dat de mediaanwaarden nergens de basiskwaliteitsnorm overschreden in 1988-'89.

Onderstaande figuur geeft de longitudinale kwikprofielen in de Schelde in België voor opeenvolgende periodes (77-79, 80-82, 83-85, 85).



Figuur 4 : Longitudinale kwikprofielen in de Schelde in België voor de periodes 77-79, 80-82, 83-85, 85 (Ringele, De Brabander, 1986)

Uit deze figuur kan een dalende trend worden afgeleid.

Zeewater

In het kader van het Joint Monitoring Programme (JMP) van de Kommissies van Oslo en Parijs wordt het zeewater voor de Belgische kust en in het Schelde-estuarium geanalyseerd.

Tabel 31 geeft de evolutie van de kwikkoncentraties weer in het zeewater voor de Belgische kust.

jaar	n	vóór filtratie (µg/l) (totaal Hg)		na filtratie (µg/l) (opgelost Hg)	
		gemiddeld	min-max	gemiddeld	min-max
1979	167	-	0,002-1,750	-	0,030-1,550
1980	25	-	-	-	0,050-0,350
	52	-	0,035-0,138	-	0,044-0,140
1981	22	-	-	-	0,007-0,024
1982	5	0,090	0,015-0,507	0,015	0,005-0,128
1983		0,081	0,011-0,507	0,035	0,002-0,102
1984		-	-	-	-
1985	10	0,153	0,016-0,873	-	-
1986	44	0,058	< 0,010-0,143	-	-
1987	97	0,074	< 0,010-0,508		
1988	70	0,113	< 0,010-0,590		
1989	65	0,065	0,015-0,506		

Tabel 31 : Gemiddelde kwikkoncentraties in µg/l in zeewater aan de Belgische kust (Verslagen van de Oslo en Parijs Kommissies)

Monsternameplaats (figuur 5)	1986	1987	1988	1989
110	0,383 (n=5)	-	-	-
115	-	0,015 (n=2)	0,097 (n=2)	-
120	0,031 (n=4)	0,059 (n=4)	0,069 (n=4)	0,177 (n=2)
130	-	< 0,029 (n=3)	0,218 (n=4)	0,056 (n=3)
140	0,036 (n=4)	< 0,101 (n=5)	0,066 (n=4)	0,062 (n=3)
150	0,048 (n=5)	0,125 (n=4)	0,059 (n=3)	0,068 (n=2)
215	-	-	-	0,082 (n=1)
230	-	< 0,115 (n=4)	0,146 (n=4)	0,083 (n=2)
240	-	< 0,015 (n=3)	0,052 (n=3)	0,051 (n=2)
250	0,053 (n=2)	< 0,104 (n=3)	0,096 (n=4)	0,071 (n=2)
315	0,051 (n=4)	< 0,221 (n=5)	-	-
330	-	< 0,077 (n=5)	0,221 (n=4)	0,034 (n=3)
340	0,058 (n=4)	< 0,052 (n=5)	0,122 (n=4)	0,124 (n=2)
350	0,065 (n=3)	0,094 (n=4)	0,108 (n=2)	0,045 (n=2)
420	0,057 (n=5)	< 0,071 (n=5)	0,110 (n=4)	-
421	-	-	-	0,073 (n=3)
430	-	< 0,026 (n=5)	0,137 (n=4)	0,187 (n=2)
435	-	< 0,052 (n=5)	-	-
440	0,080 (n=4)	< 0,028 (n=5)	0,136 (n=4)	0,086 (n=2)
450	0,081 (n=3)	< 0,034 (n=4)	0,085 (n=4)	0,119 (n=2)
530	-	< 0,047 (n=5)	0,057 (n=3)	0,083 (n=2)
535	0,082 (n=1)	< 0,090 (n=5)	-	-
545	< 0,010 (n=1)	0,134 (n=4)	-	-
630	< 0,057 (n=5)	< 0,047 (n=4)	0,128 (n=3)	0,261 (n=2)
640	0,061 (n=1)	< 0,061 (n=5)	0,083 (n=3)	0,080 (n=2)
700	< 0,031 (n=5)	0,023 (n=1)	0,160 (n=3)	0,043 (n=4)
800	-	-	< 0,059 (n=3)	0,202 (n=2)

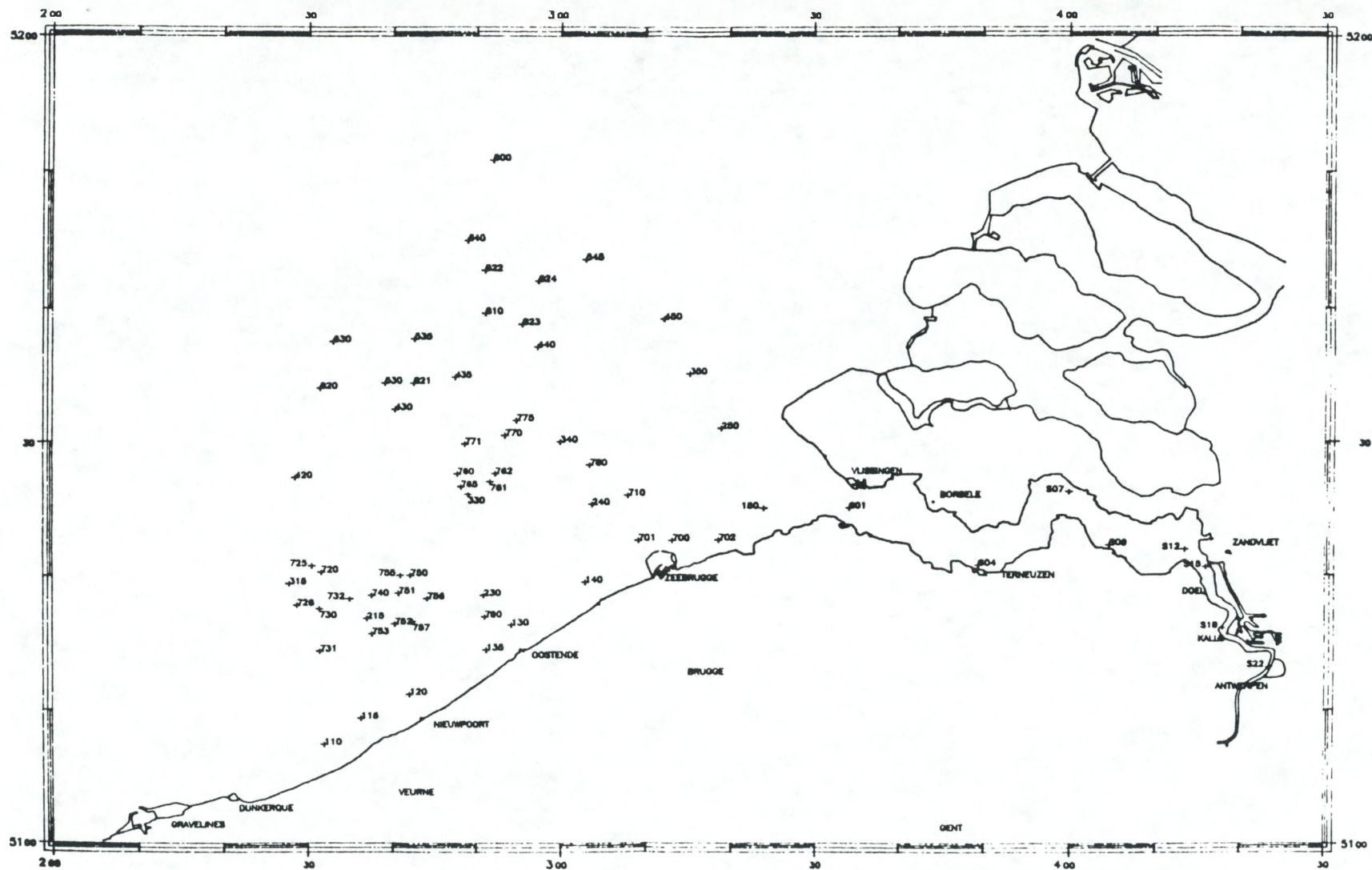
Tabel 32 : Gemiddelde kwikkoncentraties in het zeewater aan de Belgische kust, gegeven per station (totaal Hg, µg/l) (BMM, 1990), n=aantal onderzochte stalen

Deze gegevens voor kwik kunnen niet gebruikt worden voor een trendanalyse omwille van de hoge detectielimiet en enkele onverklaarbaar hoge waarden.

Ook Temmerman E. (1988) bepaalde in 1986 en 1987 de kwikgehalten aan de Belgische kust, in de Noordzee en het Britse Kanaal en in de Westerschelde. De gemeten concentraties wijzen er op dat zowel de Noordzee als het Britse Kanaal niet beduidend met kwik verontreinigd zijn. In de kustgebieden werd een verhoging van de kwikkoncentratie vastgesteld. De significant hogere concentratie die in de monding van de Schelde werd gemeten, leidt niet tot een verhoging van de kwikkoncentratie voor de Belgische kust of in de Noordzee. Dit is een gevolg van de snelle verversing van water voor de kust.

Estuarien water

In kustwateren, maar vooral in estuaria, moet een onderscheid gemaakt worden tussen opgelost en partikulair kwik omwille van de hogere concentraties suspensiemateriaal. De hoge kwikkoncentraties in niet gefilterde watermonsters



Figuur 5 : Monsternameplaatsen voor het bepalen van de kwikkoncentraties in het zeewater aan de Belgische kust en in het Schelde-estuarium in het kader van JMP (BMM, 1989)

tonen het belang aan van het suspensiemateriaal in kustwateren en estuaria.

In estuaria werden mobilisatie en verwijdering van het opgeloste kwik waargenomen. Er is echter nog geen algemeen model voor het gedrag van kwik in estuaria beschikbaar.

Tabel 33 geeft de evolutie in de tijd weer van de kwikkoncentraties in het Schelde-estuarium.

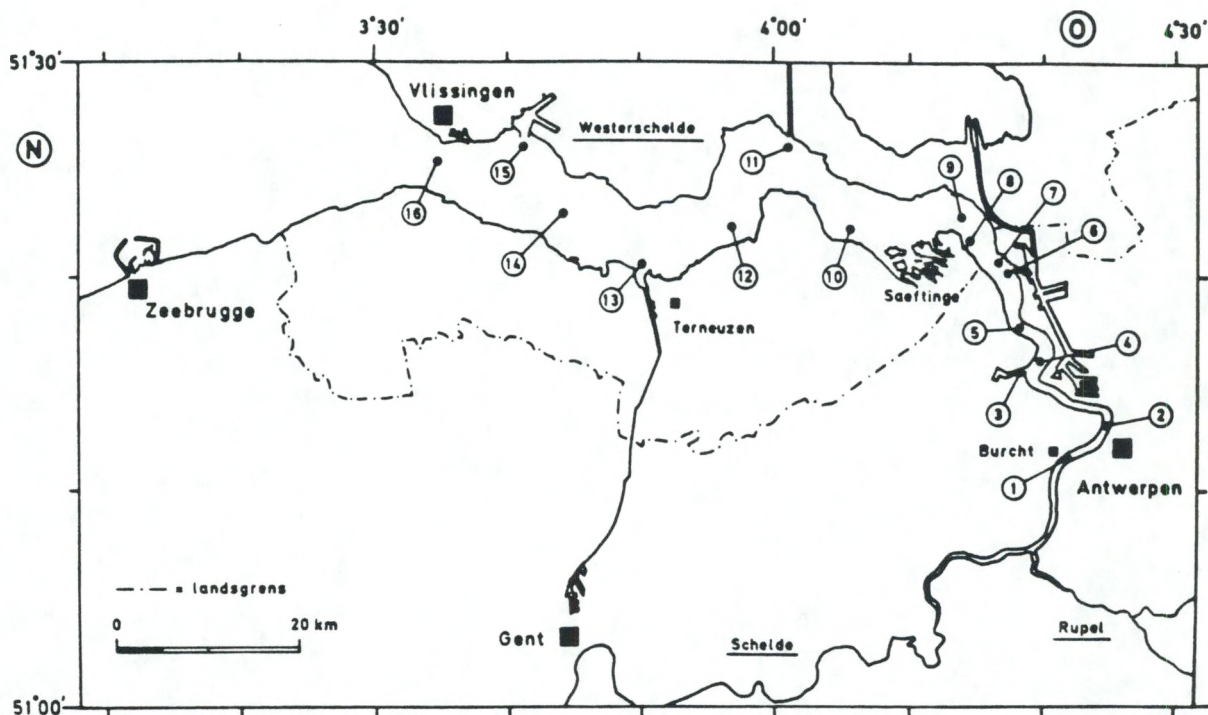
Jaar	n	vóór filtratie ($\mu\text{g/l}$) (totaal Hg)		na filtratie ($\mu\text{g/l}$) (opgelost Hg)	
		gemiddeld	min-max	gemiddeld	min-max
1979	30	-	0,240-1,710	-	0,030-1,100
1980		-	-	-	-
1981	7	-	0,062-0,281	-	0,005-0,120
1982		-	-	-	-
1983		0,246	0,210-0,510	0,027	0,003-0,073
1984		-	-	-	-
1985	8	0,081	0,018-0,165	-	-
1986	31	0,068	0,011-0,172	-	-
1987					
1988					

Tabel 33 : Gemiddelde kwikkoncentraties in $\mu\text{g/l}$ in het Schelde-estuarium op Belgisch grondgebied (Jaarverslagen van de Oslo en Parijs Kommissies)

Monsternameplaats (zie figuur 5)	1986	1987	1988	1989
S01	0,039 (n=5)	0,060 (n=4)	0,132 (n=3)	0,054 (n=2)
S04	0,054 (n=5)	0,108 (n=4)	0,156 (n=5)	0,082 (n=2)
S07	< 0,091 (n=5)	< 0,157 (n=4)	0,148 (n=3)	0,111 (n=4)
S09	0,060 (n=5)	0,090 (n=3)	0,097 (n=3)	0,064 (n=2)
S12	0,055 (n=5)	0,029 (n=3)	0,199 (n=4)	0,041 (n=2)
S15	0,072 (n=5)	0,176 (n=4)	0,087 (n=4)	0,099 (n=2)
S18	< 0,053 (n=5)	0,215 (n=3)	0,136 (n=5)	0,249 (n=2)
S22	< 0,065 (n=5)	0,163 (n=3)	0,189 (n=4)	0,057 (n=3)

Tabel 34 : Gemiddelde kwikkoncentraties in het Schelde-estuarium, gegeven per station (totaal Hg, $\mu\text{g/l}$) (BMM, 1990)

Zoals hiervoor vermeld bepaalde Temmerman E. (1988) in 1986 en 1987 de kwikgehalten in de Westerschelde. Figuur 6 geeft de ligging van de meetpunten op de Westerschelde weer.



Figuur 6 : ligging van de meetpunten op de Westerschelde (Temmerman, 1988)

De in tabel 35 vermelde waarden geven een vrij goed beeld van de kwikgehalten in het Scheldewater.

Punt	Waterige fase (in $\mu\text{g/l}$)	Suspensies (in $\mu\text{g/l}$)
1	$0,0148 \pm 0,0009$	$0,0063 \pm 0,0008$
2	a. $0,0061 \pm 0,0007$ b. $0,0092 \pm 0,0011$	a. $0,0113 \pm 0,0007$ b. $0,0069 \pm 0,0010$
5	$0,0135 \pm 0,0005$	$0,0080 \pm 0,0010$
7	$0,0087 \pm 0,0005$	$0,0061 \pm 0,0005$
9	$0,0124 \pm 0,0010$	$0,0086 \pm 0,0009$

Tabel 35 : Kwikkoncentraties in $\mu\text{g/l}$ in de Westerschelde in 1986 (Temmerman, 1988)

De verdeling van het kwik over de waterige fase en de gesuspendeerde deeltjes is vrij konstant maar in zekere mate afhankelijk van de afstand van de meetpunten tot de monding. Het percentage aan de deeltjes gebonden kwik varieerde van minder dan 10 % in Vlissingen tot 20 à 35 % rond Antwerpen. De kwikkoncentratie in de waterige fase varieert tussen ongeveer $0,010$ en $0,050 \mu\text{g/l}$ met een toenemende tendens stroomopwaarts. Wanneer de concentraties in $\mu\text{g/l}$ omgerekend worden naar $\mu\text{g/g}$ blijkt dat meer dan 99 % van het kwik op de gesuspendeerde deeltjes gebonden is.

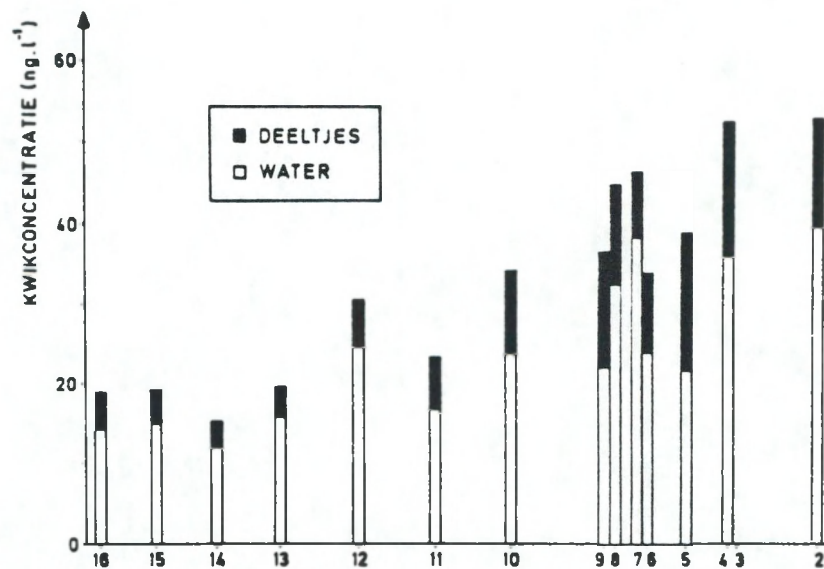
De partitiekoefficiënt K_{Hg} die de verdeling beschrijft van het kwik tussen de gesuspendeerde deeltjes en de waterige fase wordt gegeven door :

$$K_{Hg} = \frac{Hg_{susp}}{Hg_{water}}$$

met de beide concentraties in $\mu g/g$.

De partitiekoefficiënt die uit deze studie berekend kan worden, bedraagt ongeveer $0,8$ tot $1,5 \cdot 10^4$.

Figuur 7 geeft een overzicht van de kwikgehalten in de waterige fase en op de gesuspendeerde deeltjes in functie van de afstand van de meetpunten tot de monding. De afstand Vlissingen-Antwerpen gemeten volgens de vaarroute bedraagt ongeveer 85 km.



Figuur 7 : kwikgehalten in de waterige fase en op de gesuspendeerde deeltjes (beiden in ng/l) in functie van de afstand van de meetpunten tot de monding, op 22.10.1986 (Temmerman, 1988)

De daling van het kwikgehalte van het Scheldewater in functie van de afstand tot Antwerpen wordt mogelijks veroorzaakt door een verdunning met zeewater aangezien de laagste gehalten gevonden worden in de monsters met de hoogste chlorideconcentratie. In de Westerschelde treedt er immers een sterke menging op van het Scheldewater met zeewater, die in de hand wordt gewerkt door de onregelmatige bodem en de geringe diepte.

Het kwikgehalte van de gesuspendeerde deeltjes is niet afhankelijk van de afstand tot de riviermonding. Er is ook geen verband tussen het kwikgehalte van de deeltjes en de chlorideconcentratie in het water.

Op de factoren die het kwikgehalte van de gesuspendeerde deeltjes bepalen, wordt hierna (punt 7.3.) verder ingegaan.

7.3. Bodems en sedimenten

Het gemiddelde kwikgehalte van de aardkorst bedraagt ongeveer 0,5 mg/kg (kncv, 1983).

Vervuilde stoffen die niet afgebroken worden, komen via de rivieren in de Noordzee terecht of ze komen in de waterbodem terecht. Met de waterbodem wordt de bodem van de rivierbeddingen én de terreinen die af en toe worden overstroomd als de rivier buiten haar oevers treedt, bedoeld.

De kwaliteit van de waterbodem heeft invloed op de kwaliteit van het sediment en omgekeerd door de wisselwerking waterbodem-water. Dit betekent dat daar waar hoge concentraties kwik in het oppervlaktewater worden vastgesteld, ook de bodem meer verontreinigd is.

Kwik dat geloosd wordt, zal zich verdelen over de aanwezige fasen (water en partikulair materiaal, in suspensie en bodem). De chemische en fysische processen die zich in estuaria afspelen zijn zeer ingewikkeld. Afhankelijk van de hoeveelheid gesuspendeerd materiaal, het specifieke oppervlak of de uitwisselingscapaciteit van het partikulair materiaal en in functie van de hoeveelheid organisch materiaal (zowel opgelost, zoals humuszuren, als niet opgelost dat respectievelijk aanleiding geeft tot complexering en adsorptie), de pH van het water (desorptie neemt toe als de pH daalt), de aanwezigheid van complexvormers in het water (voor kwik is dit typisch het chloride) en de aanwezigheid van concurrerende geadsorbeerde species kan het partikulair materiaal door min of meer hoge concentraties kwik verontreinigd zijn (in de orde van ppm). Uit dit alles blijkt dat de adsorptie en desorptie van kwik op de gesuspendeerde deeltjes een zeer ingewikkeld fenomeen is. Bovendien kan het organisch materiaal van de deeltjes ook afgebroken worden, waardoor het daaraan geadsorbeerd kwik vrijgesteld wordt.

Meetpunt	22.10.1986	23.10.1986
3	niet bemonsterd	412 ± 68
4	452 ± 127	589 ± 142
6	336 ± 64	496 ± 99
8	438 ± 89	464 ± 54
10	471 ± 81	386 ± 83
11	312 ± 92	253 ± 32
13	209 ± 37	258 ± 91
16	159 ± 76	127 ± 34

Tabel 36 : kwikkoncentraties in de sedimenten in ng/g drooggewicht. Ieder sediment werd vier keer gedestruerd (Temmerman, 1988)

Door 10 g sediment met een hoog kwikgehalte te roeren in niet-aangezuurd zeewater bleek dat minder dan 7 % van het op de sedimenten aanwezige kwik vrijgesteld wordt door het zeewater en dat deze vrijstelling traag verloopt (Temmerman, 1988).

De sedimenten kunnen zich ook als reservoir gedragen waardoor de kwikverbindingen terug in het water kunnen vrijgesteld worden een lange tijd nadat ze werden vastgelegd. De distributie van de metalen tussen de partikulaire en de waterige fase kan namelijk veranderen door veranderingen van de chloriniteit of de saliniteit, de redoxtoestand, de pH, de slibfractie, de hoeveelheid organisch materiaal, ...

Als voorbeeld kan de Zeeschelde tussen Antwerpen en de Belgisch-Nederlandse grens aangehaald worden. Dit gebied vormt in feite een natuurlijke eliminatiezone voor polluenten, waaronder ook kwik, doordat de zwevende deeltjes met daaraan geadsorbeerde polluenten gevangen blijven in het turbiditeitsmaximum dat bestaat in de zone van menging van zoet Scheldewater en zout zeewater.

De laatste jaren werden een aantal campagnes uitgevoerd waarbij de pollutiegraad van de Noordzee- en Scheldesedimenten werden onderzocht. In tabel 37 werden enkele resultaten samengevat.

Staalnameplaats	Alsenoy et al., 1990 BMM, Openb. Werk., 1990	Anoniem, 1983	Alsenoy et al., 1990 <u>Achtergronds- concentratie</u>
Noordzee (off-shore)	21 +/- 11	-	0,02
Noordzeekust	140 +/- 36	545	0,14
Schelde	240 +/- 68	-	-
Schelde (turbiditeitszone uitgezonderd)	46 +/- 17	-	-
Havens			
Scheldemonding	368	-	-
	-	-	-

Tabel 37 : Gemiddelde kwikkoncentraties (bulk) in de sedimenten (ppb) met standaarddeviatie

Aangezien zware metalen vooral geadsorbeerd worden aan de fijne frakties, is het niet optimaal om bulkconcentraties te vergelijken voor verschillende staalnameplaatsen.

Het is beter om een vergelijking tussen verschillende stalen te maken als de stalen dezelfde granulometrie hebben of als de analyseresultaten voor granulometrische variatie "genormaliseerd" zijn.

Van Alsenoy et al. (1988) kwamen bij hun onderzoek van de Noordzee- en Scheldesedimenten tot de konklusie dat :

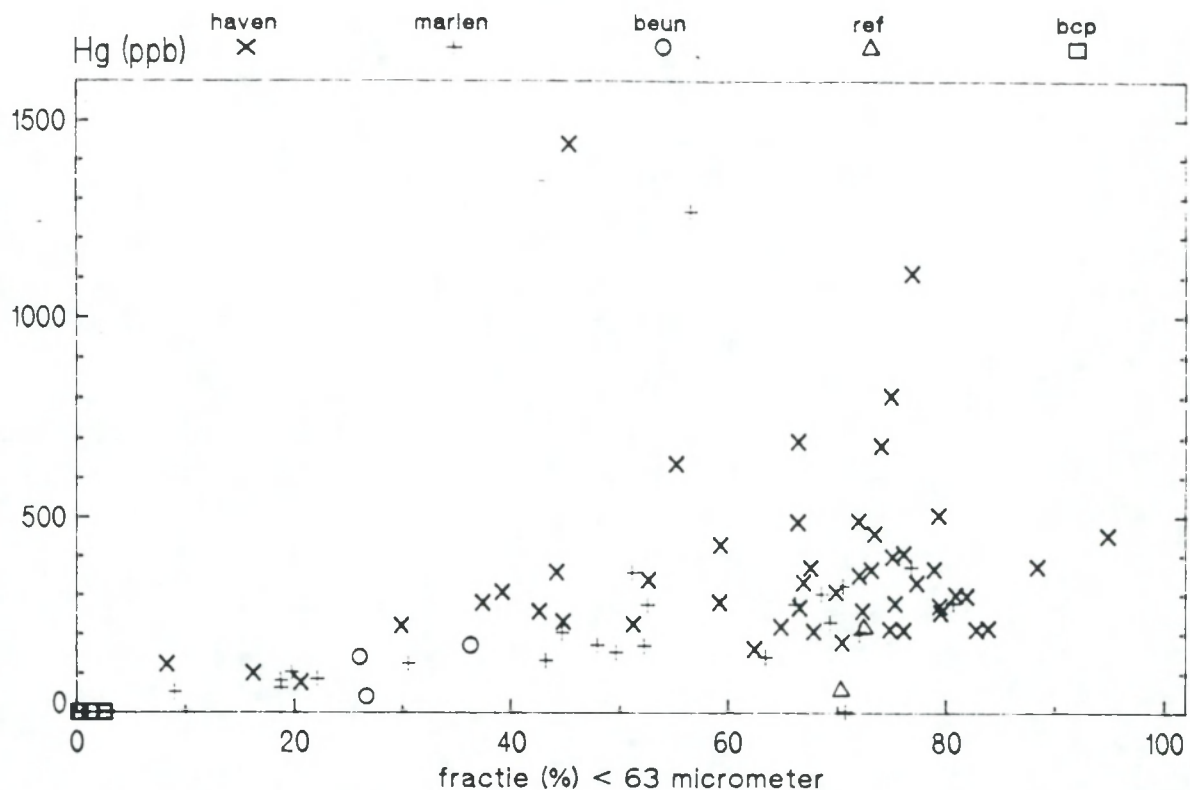
- off-shore stalen (ver uit de kust) uit grof zand bestaan en gekenmerkt zijn door een lage zware metalen concentratie;
- kuststalen uit zand en slib bestaan en een zware metalen concentratie bevatten die 2 à 8 maal hoger is dan bij off-shore stalen;
- havenstalen een zware metalen concentratie hebben die 10 à 15 maal hoger is dan bij off-shore stalen;
- de concentratie aan zware metalen in de Schelde varieert in functie van de tijd en de lokatie.

$$\text{m.a.w. } C_{\text{Noordzee}} > C_{\text{Schelde}} > C_{\text{havens}}$$

Voor de concentraties in de frakties $< 63 \mu\text{m}$ is het onderscheid tussen kust en zee niet significant.

Tijdens een bemonsteringskampagne van baggerspecie (oktober 1989) uitgevoerd door de BMM en de Diensten van de Vlaamse Executieve, Openbare Werken en Verkeer, Bestuur der Waterwegen en van het Zeewezen, bleek dat verhoogde kwikgehalten teruggevonden worden bij stalen met een slibfractie vanaf 40 %. Tevens bleek dat er een gemiddelde aanrijking (72 %) van kwik is in de havens (368 ppb) tegenover de mariene baggerzones (187 ppb).

De onderstaande figuur geeft het verband weer tussen het kwikgehalte en de fractie $< 63 \mu\text{m}$.



Figuur 8 : Verband tussen het kwikgehalte en de fractie < 63 μm bij sedimenten in zee en kusthavens (BMM, Diensten van de Vlaamse Executieve, Openbare Werken en Verkeer, Bestuur der Waterwegen en van het Zeewezen, 1990)

Anorganische kwikverbindingen kunnen in de sedimenten door microbiologische processen gemethyleerd worden tot het toxische (di)methylkwik. Methylkwikverbindingen worden zeer vlug vrijgesteld in het water waar ze snel geabsorbeerd worden door de organismen.

Dimethylkwikverbindingen worden snel verwijderd uit het water door verdamping en komen in de atmosfeer terecht. Methyl- en dimethylkwik zijn zeer gevoelig voor ultra-violetstralen en worden onmiddellijk ontbonden als ze aan het licht worden blootgesteld.

7.4. Akwatische en land biota

Aangezien kwik een grote affiniteit heeft voor organisch materiaal, wordt het gefixeerd in de levende organismen. Het kan direkt door assimilatie uit het omringende medium of indirect via de voedselketen opgenomen worden door levende organismen.

Voor kwik treedt biomagnifikatie op door de voedselketen.

Men spreekt van biomagnifikatie wanneer de concentratie van een stof stijgt bij overgang van een inferieur naar een superieur trofisch niveau. Indien de biomagnifikatie het gevolg is van onrechtstreekse opname (via het voedsel), dan spreken we van bioakkumulatie. Bij onrechtstreekse opname uit het milieu (langs de huid of de ademhalingswegen) van biokoncentratie.

Een biomagnifikatiefactor, biokoncentratiefactor of een bioakkumulatiefactor is dan steeds de verhouding van de concentraties van de pollutant in de beschouwde trofische niveaus (of omgeving) (Delbeke, 1986).

Akwatische planten nemen zowel anorganische als organische kwikverbindingen gemakkelijk op. Zowel zoö- als fytoplankton kan anorganische kwik accumuleren tot concentraties 100 x hoger dan de concentraties in het water. Vissen kunnen methyalkwikchloride uit het water concentreren tot een faktor 3.000 en schelpdieren kunnen dit tot een faktor 100 - 100.000. 90 % van het kwik in vissen is methyalkwik.

De meeste landplanten nemen slechts een kleine hoeveelheid geïoniseerd of gekomplexeerd kwik op. Elementair kwik en alkylkwikverbindingen worden echter veel gemakkelijker opgenomen. De mate waarin de planten kwik opnemen hangt echter ook af van de soort plant en het type bodem. Door de opname van kwik door de planten kan dit kwik in de dieren terechtkomen en uiteindelijk in de mens.

Het onderzoek naar zware metalen in biota (vnl. kabeljauw als rondvis, bot als platvis, garnaal als schaaldier, mossel als weekdier) gebeurt systematisch sedert 1979.

De levers van kabeljauw en bot worden eveneens onderzocht omdat dit orgaan de eigenschap heeft een aantal kontaminanten te kunnen accumuleren.

Kwik in	laag	medium	hoog
visvlees in mg/kg nat gewicht	< 0,1	0,1 - 0,3	> 0,3
weekdieren in mg/kg droog gewicht	< 0,6	0,6 - 1,0	> 1,0
schaaldieren in mg/kg nat gewicht	< 0,1	0,1 - 0,3	> 0,3

Tabel 38 : Richtwaarden voor kwik in biota (Verdragen van Oslo en Parijs)

Uit de evolutie van het gemiddelde gehalte aan kwik in bot, kabeljauw en garnaal tussen 1976 en 1988 en tussen 1979 en 1988 voor mosselen (tabel 39), blijkt dat er een dalende trend is voor bot, terwijl bij kabeljauw, garnaal en mosselen de concentraties op hetzelfde peil bleven.

jaar	kwik (mg/kg)			
	bot	kabeljauw	garnaal	mosselen
1976	0,50	-	0,10	-
1977	0,40	-	0,09	-
1978	0,30	0,12	0,11	-
1979	0,32	0,08	0,06	0,15
1980	0,46	0,14	0,13	0,40
1981	0,30	0,12	0,20	0,35
1982	0,24	0,14	0,09	0,14
1983	0,26	0,10	0,15	0,14
1984	0,22	0,10	0,10	0,14
1985	0,27	0,11	0,15	0,13
1986	0,19	0,09	0,08	0,09
1987	0,21	0,11	0,15	0,11
1988	0,17	0,10	0,15	0,15

Tabel 39 : Evolutie van de gemiddelde gehalten aan kwik in bot, kabeljauw, garnaal (mg/kg nat gewicht), en mosselen (mg/kg droog gewicht) tussen 1976 en 1988 (Vyncke et al., 1990)

Als naar de richtwaarden, voorgesteld door de Parijse Kommissie, gerefereerd wordt, dan zijn de gehalten voor kwik middelmatig (kabeljauw, bot, garnaal) tot laag (mossel) te noemen. Het kwikgehalte van bot was hoog voor 1980.

Het gemiddeld gehalte aan kwik in de lever van kabeljauw tussen 1978 en 1988 vertoont een dalende trend. Bij bot is het niveau eerder konstant (zie tabel 40).

jaar	kwik (mg/kg)	
	bot (lever)	kabeljauw (lever)
1978	0,14	0,14
1979	0,18	0,05
1980	0,33	0,07
1981	0,20	0,05
1982	0,10	0,04
1983	0,13	0,04
1984	0,14	0,02
1985	0,27	0,03
1986	0,11	0,04
1987	0,16	0,06
1988	0,15	0,03

Tabel 40 : Evolutie van de gemiddelde gehalten aan kwik in de lever van bot en kabeljauw (mg/kg nat gewicht) tussen 1978 en 1988 (Vyncke et al., 1990)

Het is hier ook belangrijk naar de ekologische effecten van kwik te verwijzen. Het is vastgesteld dat kwik aanrijkt in de verschillende schakels van de voedselketen. Deze aanrijking is vooral belangrijk van vis en zoöplankton naar

de zeevogels toe (weinig of geen aanrijking op de eerste niveau's van de voedselketen).

Tenslotte kan als algemene trend vastgesteld worden dat de kwikgehalten in biota afnemen met de tijd.

8. ALTERNATIEVEN

In de meeste sectoren die kwikbevattende produkten produceren of die kwik gebruiken in hun produktieproces, wordt reeds naar alternatieven gezocht. Dit kunnen zuiverder grondstoffen, andere produktieprocessen, zuiveringsprocessen of kwikvrije produkten zijn.

8.1. Chlooralkali-industrie

Hoewel op Europees vlak 70 % van de chloorproduktie gerealiseerd wordt in bedrijven met kwikceltechnologie, bestaan reeds 2 kwikvrije alternatieven die momenteel instaan voor de overige 30 % van de chloorproduktie. Dit zijn enerzijds de diafragma-elektrolyse (24 %) en de membraanelektrolyse (6 %) (Eurochlor, 1990). In punt 4.1. werden reeds de voor- en nadelen van deze alternatieve processen besproken.

De overgang van de kwikceltechnologie (zie 9.1.) naar andere technologieën vereist de kennis en de ervaring met de membraantechnologie en is een grote investering.

Deze kwikvrije alternatieven worden nog niet toegepast in België. Eén van de Belgische bedrijven (één industriële vestiging) echter zal vóór het jaar 2000 overschakelen op een kwikvrije produktielijn.

Toch werden in België al inspanningen gedaan waardoor de atmosferische emissies van kwik systematisch gereduceerd werden tot het huidige niveau van 2,8 gram kwik per ton geïnstalleerde capaciteit.

Met nieuwe en strengere onderhoudsprogramma's en door een betere uitrusting van de bedrijven met een hoog emissieniveau kan tegen het jaar 2000 een gemiddelde kwikemissie naar de lucht bereikt worden van minder dan 2 gram kwik per ton geïnstalleerde capaciteit (Eurochlor, 1990).

De industrie verwacht dat tegen het jaar 2010 meer dan 50 % van de huidige kwikcelcapaciteit zal omgeschakeld zijn naar andere technologieën. Het is zelfs mogelijk dat deze omschakeling vroeger gebeurt dan verwacht (Eurochlor, 1990).

8.2. Non-ferro industrie

De Belgische non-ferro industrie heeft reeds een aantal inspanningen geleverd ter reductie van de kwikemissies.

Voor Metallurgie Hoboken :

- De vrijwillige beperking van de maximale kwikkoncentraties in de aangenomen grondstoffen. In het loodcircuit te Hoboken worden immers geen specifieke kwikhoudende ertsen geladen. Kwikhoudende concentraten worden systematisch afgewezen wanneer leveranciers deze aanbieden.
- De vervanging van een Petersen zwavelzuur productieproces door een Kontakt proces vanaf 1991. Hierdoor zal het kwikgehalte in het zwavelzuur verminderen van 2,5 mg/l bij het Peterson productieproces tot 1,5 mg/l bij het Kontakt productieproces.

Voor Vieille-Montagne, zetel Balen :

- Het in bedrijf nemen van een kwiktoren die het gehalte kwik in het zwavelzuur zal beperken tot maximaal 1 mg/l vanaf 1991. Nu bedraagt het kwikgehalte ongeveer 2 à 3 mg/l zwavelzuur.

8.3. Landbouwbestrijdingsmiddelen

Zoals in punt 4.5. vermeld, zal het laatste gebruik van kwikhoudende pesticiden uitgefaseerd worden tegen 01.01.92.

De alternatieve bestrijdingsmiddelen die bestaan, zijn de dithiocarbamaten (mancozeb) en diverse andere stoffen (benomyl, carbendazim, guazatine), evenals enkele combinaties van produkten (thiabendazol + flutriafol, triademenol + fuberidazol, bitertanol + anthrachinon + fuberidazol)(Ministerie van Landbouw, 1988).

8.4. Laboratoria

Het IHE heeft een methode ontwikkeld voor de COD-bepaling zonder gebruik te maken van kwiksulfaat. De chloriden worden bij deze methode met zilver gekomplexeerd. Deze methode is even akkuraat als de konventionele methode en is bruikbaar voor COD-koncentraties tot 1.000 mg/l. Chloride interferentie is uitgeschakeld tot 20.000 mg chloride/l (Pitrebois and De Schepper, 1984).

Volgens onze informatie gebruiken een aantal laboratoria in het Antwerpse

industriegebied reeds dit kwikvrij alternatief.

8.5. Tandheelkundige verzorging

Zoals in punt 4.8. vermeld, bestaan er reeds alternatieve types van tandvullingen.

Deze nieuwe tandvullingen zijn de komposietvullingen en de gegoten of gebakken restauraties (inlays) van edel-metaallegeringen of porcelein. Komposietvullingen zijn een mengsel van kunsthars op basis van polymethylmethacrylaat of derivaten daarvan en mikrofijne SiO_2 , kwarts- of glasparkeltjes. Dit materiaal wordt overwegend gebruikt voor het vullen van kleine gaatjes op zichtbare plaatsen in het gebit. De kwaliteit van deze komposieten verbetert voortdurend. Ze zijn ook esthetischer dan kwikamalgaamvullingen. Een groot nadeel is echter de lagere duurzaamheid vanwege de polymerisatiekrimping tijdens het verharden en de geringe slijtvastheid.

Op termijn kan verwacht worden dat door de ontwikkeling van kwalitatief hoogwaardige komposietmaterialen het gebruik van amalgaamvullingen zal kunnen beëindigd worden. Hierbij moet echter rekening gehouden worden met het feit dat nog onvoldoende inzicht aanwezig is in de toxiciteit en de invloed op het milieu van komposietvullingen. Het tweede alternatief (inlays) is te duur voor grootschalige toepassing.

In 6.1.8. werd reeds melding gemaakt van de mogelijkheid om amalgaamresten direct bij de bron uit het afvalwater te verwijderen door het plaatsen van amalgaamafscidders.

Door het Staatssekretariaat voor Leefmilieu en het Verbond der Vlaamse Tandartsen werd een kontrakt getekend over een milieu-doorlichting van de tandartspraktijk. De resultaten van deze studie zullen eind 1991 bekend zijn. In de studie zal nagegaan worden hoeveel amalgaam in België wordt gebruikt en langs welke wegen het de praktijk verlaat en in het milieu kan terechtkomen. Tevens zal een vergelijkende test worden uitgevoerd van amalgaamafscidders. Aan de hand van deze resultaten zullen de Belgische certificatie-kriteria worden opgesteld.

8.6. Thermometers

Zowel voor de glazen koortsthermometers als voor de kwikthermometers die gebruikt worden in de industrie en in de laboratoria bestaan alternatieven onder de vorm van elektronische thermometers.

Elektronische thermometers in plaats van glazen koortsthermometers

De voordelen zijn :

- er komt geen kwik in het milieu terecht;
- de langere levensduur van de elektronische thermometers;
- de afleesbaarheid van elektronische thermometers is gemakkelijker dan die van kwikthermometers.

De nadelen zijn :

- de hogere investering voor de klinieken (minstens x 3);
- de hygiëne : de tot nu toe gefabriceerde elektronische koortsthermometers zijn niet volledig waterdicht. Dit stelt problemen bij het desinfecteren.

In België is enerzijds een afname in de tijd waar te nemen van het gebruik van glazen koortsthermometers en een toename van het gebruik van de elektronische thermometers (zie punt 4.9.). Hieruit mag afgeleid worden dat de glazen thermometers toch geleidelijk vervangen worden door de alternatieve elektronische thermometers.

Overige kwikthermometers

Hier is het enige nadeel de hogere kostprijs van de elektronische thermometers.

Technisch gezien zijn er voldoende alternatieven. Er is een duidelijke trend om steeds meer elektronische thermometers te gebruiken. Deze instrumenten leveren immers elektrische signalen af die geregistreerd, gememoriseerd of verder verwerkt kunnen worden met automatische processen. Een glazen thermometer moet nog altijd "bemand" worden.

8.7. Batterijen

De batterijproducenten hebben onlangs "groene" batterijen op de markt gebracht met een klein of onbestaand kwikgehalte.

Deze "groene" batterijen hebben een aantal nadelen :

- aangezien ze in het beste geval slechts een vermogen hebben dat vergelijkbaar is met dat van de beste zink-koolbatterijen zijn ze alleen geschikt voor toepassingen die weinig stroom vergen;
- ze bevatten een hoog gehalte aan lood, cadmium en zink.

Betere alternatieven zijn :

- alkaline batterijen met weinig kwik;
Het vermogen van dit soort batterijen is voldoende voor toepassingen die veel stroom vragen, al blijft het wat lager dan het vermogen van de klassieke alkaline batterijen die veel kwik bevatten.
- lithium-batterijen zonder kwik.

9. BELEID

9.1. Wetgeving

EEG-Richtlijnen

De EEG-Richtlijnen zijn deels in Belgische wetgeving omgezet. Voor de duidelijkheid werden de Richtlijnen die reeds zijn omgezet in Belgisch recht in vet gedrukt.

- * **EEG-Richtlijn 76/464 bepaalt zwarte-lijststoffen. Op de zwarte lijst zijn stoffen opgenomen die tezelfdertijd toxisch, persistent en bioakkumuleerbaar zijn. Kwik wordt ook tot deze stoffen gerekend. Voor de lozing van deze zwarte-lijststoffen in oppervlaktewateren en riolen is een voorafgaandelijke vergunning, met grenswaarden voor de emissie, vereist (KB van 3.08.76).**
- * EEG-Richtlijn 79/117 verbiedt het landbouwkundig gebruik van kwikverbindingen. Deze Richtlijn zal waarschijnlijk tegen 1993 in Belgische wetgeving worden omgezet.
- * **EEG-Richtlijn 82/176 bepaalt grenswaarden voor de emissienormen en de kwaliteitsdoelstellingen van het akwatisch milieu voor kwiklozingen afkomstig van de elektrolyse van alkalichloriden (KB van 12.09.85, wijziging 3.02.88).**
- * **Artikel 4 van de EEG-Richtlijn 84/156 betreffende de grenswaarden en kwaliteitsdoelstellingen voor kwiklozingen afkomstig van andere sectoren dan de elektrolyse van alkalichloriden, bepaalt dat de Lid-staten specifieke programma's moeten opstellen voor lozingen van kwik in velerlei bronnen die geen industriële bedrijven zijn en waarop in de praktijk geen lozingsnormen worden toegepast. Deze programma's omvatten onder andere de meest passende maatregelen en technieken voor het vervangen, het terughouden en het hergebruik van kwik. Dit betekent meer specifiek dat programma's moeten worden opgesteld voor laboratoria, ziekenhuizen en tandartspraktijken (KB's van 30.03.87 en van 2.10.85).**

- * EEG-Richtlijn 86/278 voor het gebruik van zuiveringsslib in de landbouw bepaalt de grenswaarden voor de concentratie kwik in slib bestemd voor het gebruik in de landbouw, op max. 16-25 mg/kg in de droge stof. Deze EEG-Richtlijn is nog niet omgezet in de Belgische wetgeving. Er is wel een voorstel van KB voor deze materie, die nu een gewestelijke bevoegdheid is.
- * EEG-Richtlijn 89/369 van 3 juni 1989 betreffende de preventie van atmosferische verontreiniging door nieuwe verbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval geeft grenswaarden voor de emissie van een aantal gevaarlijke stoffen in functie van de nominale capaciteit van de verbrandingsinstallatie.

Verontreinigende stof	lager dan 1 ton/h	tussen 1 en 3 ton/h	≥ 3 ton/h
Totaal stofgehalte som van Cd en Hg	200 -	100 0,2	30 0,2

Tabel 41 : Grenswaarden voor de emissie in mg/Nm³ in functie van de nominale capaciteit van de nieuwe verbrandingsinstallaties (EEG-Richtlijn 89/369)

- * EEG-Richtlijn 89/429 van 21 juni 1989 betreffende de reductie van de atmosferische verontreiniging door bestaande verbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval legt beperkingen op aan de stofuitstoot in functie van de nominale capaciteit van de installatie.

Nominale capaciteit in ton/h	Totaal stofgehalte in mg/Nm ³
≥ 1 - < 6	100
< 1	600

Tabel 42 : Grenswaarden voor de emissie in mg/Nm³ in functie van de nominale capaciteit van de bestaande verbrandingsinstallaties (EEG-Richtlijn 89/429)

- * EEG-Richtlijn 89/677, 8ste wijziging van EEG-Richtlijn 76/769 inzake de beperking van het op de markt brengen en van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen en preparaten formuleert een aantal voorschriften voor het gebruik van onder andere kwikverbindingen in aangroeiwerende preparaten gebruikt als oppervlaktebekleding ter bescherming van scheepsrompen en/of uitrusting onder water. Voor de implementatie van deze Richtlijn werd door het Staatssekretariaat voor Leefmilieu een ontwerp opgesteld dat voor advies overgemaakt is aan de andere bevoegde instanties. De belangrijkste punten

Kommissie van Parijs

Ook de Kommissie van Parijs, het uitvoerend orgaan van het gelijknamig Verdrag ter voorkoming van de verontreiniging van het mariene milieu vanaf het land,

levert reeds jarenlang grote inspanningen om de inbreng van kwik in het mariene milieu te reduceren.

De kwikverbindingen zijn opgenomen in de zwarte lijst van de Kommissie van Parijs.

De Kommissie van Parijs heeft tevens "beslissingen" en "aanbevelingen" aangenomen in verband met de reductie van het gebruik en de input in het milieu van kwik.

De meest recente zijn :

- PARCOM Recommendation 89/3 of 20 june 1989 on programmes and measures for reducing mercury discharges from various sources (PARCOM 11, annex 8);

In deze aanbeveling wordt de nadruk gelegd op het gebruik van alternatieven, op de recyclage van afvalstoffen en op de effectieve en efficiënte behandeling van kwikhoudend afvalwater.

- PARCOM Decision 90/3 of 14 june 1990 on reducing atmospheric emissions from existing chlor-alkali plants;

Deze PARCOM Decision gelijkt zeer sterk op de overeenkomst terzake op de Noordzeekonferentie van Den Haag, die hierna wordt behandeld.

- PARCOM Decision 90/2 on programmes and measures for mercury and cadmium containing batteries.

De belangrijkste punten uit de Decision met betrekking tot kwik zijn :

- selectief ophalen van de batterijen en accu's met meer dan 25 mg Hg per cel (uitgezonderd alkaline mangaanbatterijen) en van alkaline mangaanbatterijen met meer dan 0,025 gewichts% kwik;

Om het selectief ophalen te vergemakkelijken, worden een aantal maatregelen geformuleerd :

- de batterijen moeten eenvoudig te verwijderen zijn uit elke toepassing vanaf 1994;
 - de batterijen moeten een label hebben tegen 1.01.92;
 - het publiek moet ingelicht worden over het gevaar van een ongecontroleerde verwijdering van gebruikte batterijen;
 - de invoerder of de producent van de batterijen moet de nationale overheid de hoeveelheid ingevoerde of geproduceerde batterijen meedelen;
 - de recyclage van batterijen moet gestimuleerd worden.
- Verbod op de verkoop van alkaline mangaanbatterijen met meer dan 0,05

gewichts% kwik voor verlengd gebruik in extreme omstandigheden vanaf 1.01.93;

- Verbod op de verkoop van alle andere alkaline mangaanbatterijen met meer dan 0,025 gewichts% kwik vanaf 1.01.93;
- De substitutie van primaire batterijen met een hoog kwikgehalte door bv. zink lucht-, zilver- of lithium batterijen moet gestimuleerd worden.

Noordzee Ministerskonferentie

Om de toevoer naar de Noordzee via rivieren, estuaria en de atmosfeer verder te verminderen, werden tijdens de Derde Noordzee Ministerskonferentie (Den Haag, 7 en 8 maart 1990) een aantal maatregelen genomen.

Kwik is één van de prioritaire stoffen waarvoor strenge vrachtredukities werden afgesproken. Er werd overeen gekomen om tussen 1985 en 1995 een reductie te bereiken in de totale toevoer (via alle routes) van kwik naar de Noordzee van 70 % of meer, indien de toepassing van B.A.T. zulks toelaat.

Ten aanzien van deze vereiste reductie van 70 % werden voor kwik een aantal maatregelen overeen gekomen.

*** Kwik in batterijen**

Het kwikgehalte in alkaline-mangaanbatterijen moet worden beperkt tot 0,025 %. Alkaline-mangaanbatterijen voor bepaalde gespecialiseerde toepassingen, waarbij om technische redenen het kwikgehalte niet kan worden beperkt tot 0,025 %, worden uitgesloten. Deze batterijen mogen niet meer dan 2 % uitmaken van alle batterijen in kwestie.

*** Chlooralkalibedrijven**

1. Bestaande chlooralkali-installaties op basis van de kwikceltechnologie moeten zo snel mogelijk worden uitgebannen als per land praktisch mogelijk is, met als doel een volledige uitbanning in 2010;
2. Chlooralkali-installaties op basis van de kwikceltechnologie moeten worden verplicht om in 1996 een grenswaarde van 2 g Hg/ton Cl₂ capaciteit te bereiken voor atmosferische emissies, tenzij het bedrijf zich ertoe verbindt uiterlijk in 2000 over te schakelen op kwikvrije technieken;
3. Kwik in waterstof dat in de atmosfeer wordt uitgestoten, of wordt verbrand, moet onder deze norm vallen.

Tevens worden voorbeelden gegeven van beperkende maatregelen voor produkten : voor kwik wordt de recyclage of de vervanging in fluorescentiebuizen, thermometers en afval van tandartspraktijken voorgesteld.

Om de toevoer van gevaarlijke stoffen naar de Noordzee te verminderen, wordt ook gestreefd naar een aanzienlijke vermindering van de hoeveelheden pesticiden die de Noordzee bereiken. Hiervoor moet het resterende gebruik van kwikverbindingen als pesticide strikt worden beperkt of verboden.

Belgische wetgeving

België heeft de EEG-Richtlijnen reeds deels geïmplementeerd, gebaseerd op het Koninklijk Besluit van 3.08.76, gewijzigd door KB's van 12.07.85 en 4.11.87, houdende het **algemeen reglement voor het lozen van afvalwater in de gewone oppervlaktewateren, in de openbare riolen en in de kunstmatige afvoerwegen voor regenwater**. Volgens dit KB is een vergunning vereist voor de lozing van kwik en kwikverbindingen. Voor de gewone oppervlaktewateren wordt een basiskwaliteit vereist van 0,5 µg totaal kwik/l (mediaanwaarde).

De op het algemeen lozingsreglement gebaseerde **KB's tot vaststelling van de sektoriële voorwaarden voor het lozen van afvalwater van industriële bedrijven** die hier belangrijk zijn, zijn het :

- * KB van 12.09.85, wijziging 3.02.88, B.S. 22.03.88, tot vaststelling van de sektoriële voorwaarden voor de lozing van afvalwater afkomstig van de chloornijverheid in de gewone oppervlaktewateren en in de openbare riolen

Meeteenheid (gram totaal kwik per ton geïnstalleerde chloor- produktiekapaciteit)	Grenswaarden van het maandgemiddelde dat niet mag overschreden worden vanaf 1 juli 1986	Opmerkingen
Gerecycleerde pek	0,5 1,0	Geldt voor het totaal kwik dat voorkomt in de effluenten afkomstig van de chloorproduktie-eenheid. Geldt voor de totale hoeveelheid totaal kwik die voorkomt in alle kwikbevattende lozingen van water afkomstig van het terrein van het industriële bedrijf.
Verloren pek	lozing verboden	

Tabel 43 : Sektoriële voorwaarden voor kwiklozingen in oppervlaktewateren en uitgedrukt in verontreinigingsvracht (chlooralkali-industrie)

Meeteenheid (µg totaal kwik/l)	Grenswaarden van het maandgemiddelde dat niet mag overschreden worden vanaf 1 juli 1986	Opmerkingen
Gerecycleerde pekel	50	Geldt voor de totale hoeveelheid kwik die voorkomt in kwikbevattende lozingen van water, afkomstig van het terrein van het industrieel bedrijf
Verloren pekel	lozing verboden	

Tabel 44 : Sektoriële voorwaarden voor kwiklozingen in oppervlaktewateren en uitgedrukt in
 koncentratie (chlooralkali-industrie)

De lozing van kwik in de riolen is verboden.

* KB van 30.03.87 voor bedrijven behorende tot andere sectoren dan de
elektrolyse van chlooralkali-chloriden :

KWIKHOUDEND AFVALWATER				
	Riool		Oppervlaktewater	
	Gehalte kwik	Maandgemidd	Gehalte kwik	Maandgemidd
Gebruik kwikkatalysatoren mg/l (produktie vinylchloride)	0,15	0,1 g/ton	0,15	0,1 g/ton
Gebruik kwikkatalysatoren mg/l (andere)	0,15	5 g/kg	0,15	5 g/kg
Fabrikage kwikkatalysatoren mg/l (produktie vinylchloride)	0,15	0,7 g/kg	0,15	0,7 g/kg
Kwikverbindingen mg/l	0,3-0,15	0,1-0,05 g/kg	0,3-0,15	0,1-0,05 g/kg
Kwikhoudende primaire batterijen mg/l	0,15	0,03 g/kg	0,15	0,03 g/kg
Non-ferrometalen mg/l	0,3-0,15	0,1-0,05	0,3-0,15	0,1-0,05
Behandeling kwikhoudend toxisch afval mg/l	0,15	0,05	0,15	0,05
Textielveredeling mg/l	0,02	-	0,02	-
Pulp, papier, karton	verbod	-	verbod	-
Reinigen van vaten mg/l	0,01	-	0,01	-
Lak, verf, drukinkten en pigmenten mg/l	0,10	-	0,001	-
Reinigen wagens en binnenschepen mg/l	0,005	-	0,001	-
Opslagplaatsen mg/l	0,3-0,15	-	0,3-0,15	-
Opslaan vloeibare produkten mg/l	0,3-0,15	-	0,3-0,15	-

Tabel 45 : Sektoriële voorwaarden voor de lozing van kwikhoudend afvalwater afkomstig van
bedrijven behorende tot andere sectoren dan de elektrolyse van alkalichloriden (KB
30.03.87, B.S. 11.04.87)

Industriële sektor	Referentievolumes
Gebruik kwikkatalysatoren (produktie vinylchloride)	2 m ³ /t vinylchloride produktiekapaciteit
Gebruik kwikkatalysatoren (andere)	100 m ³ /kg verwerkt kwik
Fabrikage kwikkatalysatoren (produktie vinylchloride)	14 m ³ /kg verwerkt kwik
Kwikverbindingen	1 m ³ /kg verwerkt kwik
Kwikhoudende primaire batterijen	0,6 m ³ /kg verwerkt kwik

Tabel 46 : Referentievolumes gebruikt in de sektoriële lozingsvergunningen voor de verschillende industriële sectoren (K.B. 30.03.87, B.S. 11.04.87)

Voor niet-industriële bedrijven werden enkel maatregelen getroffen voor laboratoria (KB van 2.10.85, B.S. 4.12.85). De in dit besluit vastgestelde sektoriële voorwaarden zijn van toepassing op het lozen van afvalwater afkomstig van afzonderlijke of in een industrieel bedrijf geïntegreerde laboratoria die enige biologische of scheikundige, minerale of organische bedrijvigheid uitoefenen met het oog op opzoeken, proeven, analyses, toepassing of ontwikkeling van produkten, kwaliteitskontrolle op de produkten, of met een didaktisch doel en die ofwel door hun afvalwater meer dan 1 kg gevaarlijke stoffen lozen per maand en per stof die opgenomen is in de zwarte lijst van de EEG ofwel meer dan 7 personen tewerkstellen.

Dit besluit is niet van toepassing op de laboratoria voor kontrolle en konditionering van produkten welke als geneesmiddel omschreven worden in de wet van 25.03.64 op de geneesmiddelen.

	Riool	Oppervlaktewater
Kwik en kwikverbindingen (in mg/l)	0,01	0,01

Tabel 47 : Sektoriële voorwaarden voor het lozen van afvalwater afkomstig van de sektor van de laboratoria (K.B. 2.10.85, B.S. 4.12.85)

Uit dit overzicht mag besloten worden dat, voor wat de kwiklozingen betreft, alleen nog geen wettelijke maatregelen getroffen zijn voor ziekenhuizen en tandartsen.

Naast de hiervoor genoemde emissie- en immissienormen werden ook **produktnormen** uitgewerkt.

* Ministerieel Besluit van 11.09.87, wijziging 1.06.89, betreffende de handel en het gebruik van stoffen bestemd voor dierlijke voeding.

Diervoeders	Maximumgehalte kwik in mg/kg van het voeder herleid tot een vochtgehalte van 12 %
Enkelvoudige diervoeders en diervoeders bestemd voor verwerking in mengvoeders en voormengsels	0,1
met uitzondering van : diervoeders, verkregen door verwerking van vis of andere zeedieren	0,5
Volledige diervoeders	0,1
met uitzondering van : volledige diervoeders voor honden en katten	0,4
Aanvullende diervoeders	
met uitzondering van : aanvullende diervoeders voor honden en katten	0,2

Tabel 48 : Maximum toegelaten gehalte kwik in mg/kg voeder (M.B. van 11.09.87)

- * In het K.B. van 6.10.77, wijziging 20.01.86 (B.S. 25.03.86) betreffende de handel in meststoffen en bodemverbeterende middelen wordt het gehalte kwik in organische bodemverbeterende middelen beperkt tot 2,5 mg/kg in de droge stof. Het stadsafvalkompost dat bekomen wordt door een gecontroleerde aërobe fermentatie van huisafval tot volledige rijping mag ten hoogste 5 mg/kg kwik in de droge stof bevatten voor de teelt van voedings- en voedergewassen en eveneens voor de groenvoorziening en de sierteelt.

9.2. Ontwikkelingen

9.2.1. Op internationaal vlak

Op internationaal vlak wordt de aanpak van de kwikproblematiek grondig onderzocht.

- * In 1990 werd in de Parijse Kommissie de PARCOM-Decision 90/2 aangenomen met programma's en maatregelen voor kwik en cadmium bevattende batterijen.
- * Tijdens de 17de vergadering van TWG formuleerde Zweden een voorstel voor kwikrelais en kwikthermometers.

De belangrijkste punten zijn :

- verbod op het gebruik van kwikrelais in de auto's geproduceerd vanaf 1993;
- voorstel om een studie te maken van het gebruik van kwikrelais in andere toepassingen, met als doel een totaal verbod op te leggen aan het gebruik van kwikrelais tegen eind 1994;

- verbod op de verkoop van klinische thermometers (ook in de huishoudens) die kwik bevatten tegen eind 1992;
- verbod op de verkoop van kwikthermometers voor andere toepassingen tegen eind 1994, met uitzondering van een aantal goed gedefinieerde gebruiken die onvervangbaar zijn voor veiligheids- en technische redenen.

9.2.2. De industrie

* Gebruik van alternatieven :

Enkele voorbeelden : - In het gebruik van thermometers voor controles en metingen in de industrie is er een duidelijk trend om steeds meer elektronische thermometers te gebruiken in plaats van glazen thermometers met kwik.

- De producenten van batterijen hebben "groene" batterijen op de markt gebracht met een klein of onbestaand kwikgehalte.

Over de invoering ervan werd zoals vermeld in punt 4.9. op 1 januari 1988 een akkoord afgesloten, dat momenteel reeds herzien is, tussen het Staatssekretariaat voor Leefmilieu en de Belgische producenten en invoerders die 90 % van de handel in batterijen in ons land controleren.

* Maatregelen in verband met de grondstoffen :

Bijvoorbeeld : Métallurgie Hoboken heeft zichzelf een vrijwillige beperking opgelegd voor de maximale concentraties kwik in de aangenomen grondstoffen.

* Maatregelen in verband met het proces :

Bijvoorbeeld : Métallurgie Hoboken zal vanaf 1991 het Petersen zwavelzuur productieproces vervangen door een kontakt proces. Dit zal een verlaging tot gevolg hebben van het kwikgehalte in het zwavelzuur van 2,5 mg/l (Petersen) naar 1,5 mg/l (Kontakt).

Vieille-Montagne, zetel Balen zal vanaf 1991 een kwiktoren in bedrijf nemen die het gehalte kwik in het zwavelzuur zal beperken tot maximum 1 mg/l.

9.2.3. De Belgische overheid

- Het Ministerie van Landbouw heeft naar aanleiding van de EEG-Richtlijn 86/278 een nieuw K.B. ontworpen voor het gebruik van zuiveringsslib

(afkomstig van zuiveringsinstallaties voor huishoudelijk of stedelijk afvalwater en van andere zuiveringsinstallaties voor afvalwater van soortgelijke samenstelling) in de landbouw.

Volgens het voorstel is het gebruik van zuiveringsslib in de landbouw verboden als de concentratie aan één of meerdere metalen hoger is dan de vastgestelde waarden in het voorstel. Voor kwik werden maximale gehalten in het zuiveringsslib vastgesteld van 16 mg/kg droge stof. In geen geval mag het gebruik van zuiveringsslib ertoe leiden dat de concentratie kwik in de bodem 1 mg/kg droge stof te boven gaat.

Aangezien volgens de Raad van State deze materie nu gewestelijke bevoegdheid is, kunnen de gewesten nu bijgevolg dit ontwerp overnemen of de EEG-Richtlijn in een ander voorstel omzetten (Plasman, 1991).

- Naar alle waarschijnlijkheid zal het Ministerie van Landbouw het gebruik van kwikverbindingen in de landbouw verbieden tegen 1993.
- In navolging van de EEG-Richtlijn 89/677 inzake de beperking van het op de markt brengen en van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen en preparaten die ook een aantal voorschriften inhoudt voor het gebruik van kwikverbindingen in aangroeiwerende preparaten gebruikt als oppervlaktebekleding ter bescherming van scheepsrumpen en/of uitrusting onder water, werd door het Staatssekretariaat voor Leefmilieu een ontwerp KB opgesteld gebaseerd op het KB van 5.06.1975 betreffende het bewaren, het verkopen en het gebruiken van bestrijdingsmiddelen en fytofarmaceutische producten. Dit KB zal in de loop van 1991 in werking treden.

9.2.4. De Gewestelijke Overheden

- Terwijl het afvalstoffenplan 1986-1990 van het Vlaamse gewest in essentie een verwijderingsplan is, beoogt het afvalstoffenplan 1991-1995 vooral de voorkoming en de recuperatie van de afvalstoffen. De actie "klein chemisch afval" van de OVAM heeft betrekking op de selectieve inzameling van o.a. kwikhoudende afvalstoffen zoals thermometers, barometers, lampen, batterijen, ..., voor recuperatie.

10. BESLUIT

	1985	1990	% reductie t.o.v. 1985	oorzaak reductie
GEBRUIK (in kg)				
Chlooralkali-industrie	34.000	28.500	16	- toevallige reductie
Non-ferro industrie	62.000	62.000		
Fosfaatmeststoffen	160-820	160-820		
Bestrijdingsmiddelen	1.350	70	95	- verbod van kwikhoudende pesticiden voor zaaizaadontsmetting vanaf 1990
Farmaceutische industrie	8.000	8.000		
Laboratoria	20-150	20-150		
Tandheelkundige verzorging	3.200	3.200		
Elektrische apparaten				
thermometers	2.000	1.000	50	- toenemend gebruik van elektrische thermometers
lampen	200	200		
batterijen	6.220	1.230	80	- vermindering kwikgehalte in batterijen
Totaal	117.000-118.000	104.000-105.000	11	
ATMOSFERISCHE EMISSION (in kg)				
Chlooralkali-industrie	3.700	2.180	41	
Sekundaire ijzer- en staalindustrie	30-8.000	30-8.000		
Non-ferro industrie	> 30	30		- inspanningen op vlak van luchtzuivering (toename rekuperatie)
Huisvuilverbranding	5.100	3.700	27	- reductie Hg in thermometers, batterijen, ...
Krematoria	< 55	< 55		
Energieopwekking (steenkool)	> 400-800	400-800		
Andere	?	?		
Totaal	> 9.300-17.700	6.400-14.800	16-31	
AKWATISCHE EMISSION (in kg)				
Chlooralkali-industrie	225	160	29	
Non-ferro industrie	> 70	70		
Tandheelkundige verzorging	1.600	1.600		
Andere	?	?		
Totaal	> 1.895	> 1.830	4	

Tabel 52 : Schatting van de bereikte reducties tussen 1985 en 1990

Volgens onze schattingen is het kwikgebruik tussen 1985 en 1990 zo'n 11 % gedaald. Ook tussen 1990 en 1995 is geen drastische afname van het kwikgebruik te verwachten.

Toch is voor de atmosferische en de akwatische kwikemissies een significante reductie te verwachten tegen 1995.

De belangrijkste oorzaken zijn :

- beperking atmosferische emissies in de chlooralkali-industrie tot 2 g Hg/ton Cl_2 -produktie capaciteit;
- totaal verbod van kwikhoudende pesticiden vanaf 1992;
- daling kwikgehalte in het schroot door de reductie van kwik in batterijen, verbod op kwikthermometers, ... met onrechtstreeks een reductie van de emissies van de sekundaire ijzer- en staalindustrie en de huisvuilverbranding tot gevolg;
- verdere inspanningen bij de non-ferro industrie;
- installeren van amalgaamafscidders bij de tandartsen.

11. GERAADPLEEGDE BRONNEN

- AHMED, R., MAY, K. en STOEPLER, M.; Wet deposition of mercury and methylmercury from the atmosphere, *The Science of the Total Environment*, nr. 60, 1987
- ANNUAL REPORT ON INPUT OF Cd, Hg, PCB's, Cu, Zn, Pb during the year 1987, 1988, 1989, In accordance with art. 17(b) of the Paris Commission
- ARONIS-BRYCKMAN, H.; Le mercure, utilisation et toxicité du cabinet dentaire, Mémoire présenté pour l'obtention du grade de la licence spéciale interfacultaire en environnement, ULB, Année académique 1980-1981
- ASSOCIATE COMMITTEE ON SCIENTIFIC CRITERIA FOR ENVIRONMENTAL QUALITY, National Research Council Canada; Effects of Mercury in the Canadian Environment, NRCC NO. 16739, ISSN 0316-0114
- BAEYENS, W., WARTEL, S., DEHAIRS, F., DECADT, G., BOGAERT, M., GILLAIN, G. and DEDEURWAERDER, H.; Distribution, transport and fate of Bi, Cd, Cu, Hg, Pb, Sb and Zn in the Belgian coastal marine environment. Part IV. The river Scheldt as a transport route for heavy metals in the sea, in A. Distèche and I. Elskens (Ed.), *Programmatie van het Wetenschapsbeleid*, Brussel (Belgium), 1982
- BEHEERSEENHEID VAN HET MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE EN HET SCHELDEESTUARIUM (IHE-BMM) en DIENSTEN VAN DE VLAAMSE EXECUTIEVE, OPENBARE WERKEN EN VERKEER, BESTUUR DER WATERWEGEN EN VAN HET ZEEWEZEN; Ecologische impact van baggerspecielossingen voor de Belgische kust, Conceptrapport, april 1990
- BMM, 1990, eigen informatie
- BERENDS, A.G.; Bestrijdingsmiddelen en oppervlaktewaterkwaliteit, Een inventarisatie van het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en tuinbouw, Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, 1988
- BUEKENS, A.; Ontstaan, verwerking en beheer van vaste afvalstoffen, Monografieën Leefmilieu Nu, De Nederlandsche Boekhandel, Antwerpen/Amsterdam, 1976

- CANDREVA, F. en DAMS, R.; Environmental impact of emissions of heavy metals by refuse incineration, Institute Nuclear Sciences, RUG, Final Report of EEC research contract, february 1982-december 1985
- COMMISSION OF EUROPEAN COMMUNITIES, DIRECTORATE-GENERAL, ENVIRONMENT, NUCLEAR SAFETY AND CIVIL PROTECTION; Descriptive analysis of the technical and economical aspects of measures to reduce water pollution caused by discharges from the fertilizer industry and other industries entailing nutrient discharges, Consulting Engineers Bongaerts, Kuypers and Huiswaard, Contract No. B 6612-411-89, Final report, October 1990
- COORDINATIECOMMISSIE UITVOERING WET VERONTREINIGING OPPERVLAKEWATEREN (CUWVO), Werkgroep VI; Afvalwaterproblematiek in de tandheelkundige verzorging, februari 1990
- COORDINATIE-COMMISSIE VOOR DE METINGEN VAN RADIOACTIVITEIT EN XENOBIOTISCHE STOFFEN, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Evaluatierapport kwik in het Nederlandse milieu
- DE BRABANDER, K. en DE GREEVE, K.; Waterkwaliteit van de Schelde, Water, nr. 43, november/december 1988
- DE JONGE, W.; Tandvullingen vervuilen rook crematoria, artikel De Morgen, dinsdag 18 september 1990
- DELBEKE, K. en JOIRIS, C.; Transfer mechanisms of organochlorine residues and mercury in the coastal zone of the North Sea, Symposium : "Contaminant fluxes through the coastal zone", Nantes, France, 14-16 may 1984, contribution nr. 11
- DELBEKE, K.; Transfert van stabiele polluenten in terrestrische en aquatische ecosystemen : organochlore residus en kwik, Vrije Universiteit Brussel, Proefschrift voorgelegd tot het behalen van de wettelijke graad van Doctor in de Wetenschappen, 1986
- DE MORGEN; 18 september 1990
- DE SCHUTTER, J.; "Wij zien geen graten in fosfaten", Milieurama, p. 5-13, mei 1986
- DE SCHUTTER, J.; Milieuproblemen bij productie en gebruik van kunstmest, Landbouw en milieu, Naar een duurzame landbouw ?, BBL vzw, Brussel, 1988
- DEVOLDER, M.; Literatuurstudie, het adsorptiegedrag van cadmium, kwik en arseen in bodems (in opdracht van de OVAM), Vakstage aangeboden tot het bekomen van de graad van Licentiaat in de Milieusanering, RUG, Fakulteit van

de Landbouwwetenschappen, akademiejaar 1987-'88

- DHAESE, A.; Invloed van anorganische verontreiniging op de relatie bodem-water-plant, Leefmilieu-dossier, Stichting Leefmilieu, Antwerpen, 1981
- DYRSSEN, D. en WEDBORG, M.; Major and minor elements, chemical speciation in estuarine waters, Chemistry and Biochemistry of Estuaries, Olaussen, E. en Cato, I. Eds. J. Wiley, Chichester (UK), 1980
- ENODY, E.; Het kwikverbruik in Vlaanderen op industrieel, landbouwkundig en huishoudelijk vlak, Proefschrift ter verkrijging van het getuigschrift menselijke ecologie aan de VUB, Brussel, 1990
- EUROCHLOR; brief aan Parijse en Oslo Kommissies, 1990
- FABRIMETAL; brief, 1990
- FEDERATIE VAN DE ONDERNEMINGEN VAN NON-FERRO METALEN; niet gepubliceerde gegevens, 1990
- HOGG, T.E., STEWART, J.W.B. en BETTAMY, F.R.B.; Influence of chemical forms of mercury on its adsorption and ability to leach through soils, J. of Environm. Qual., 7, p. 440-444, 1978
- INTERNATIONAL CENTRE OF WATER STUDIES, Pollution of the North Sea imposed by West European rivers (1984-1987), number 90.03, januari 1990
- KEMPENSE STEENKOOLMIJNEN; brief, 1990
- KONINKLIJK BESLUIT van 9 februari 1976 houdende algemeen reglement op de giftige afval (B.S., 14 februari 1976)
- KONINKLIJK BESLUIT van 12 september 1985 tot vaststelling van de sectoriële voorwaarden voor de lozing van afvalwater, afkomstig van de chloornijverheid in de gewone oppervlaktewateren en in de openbare riolen (B.S., 6 december 1985) gewijzigd bij Koninklijk Besluit van 3 februari 1988 (B.S., 22 maart 1988)
- KONINKLIJK BESLUIT van 2 oktober 1985 tot vaststelling van de sectoriële voorwaarden voor de lozing van afvalwater, afkomstig van de sector van de laboratoria in de gewone oppervlaktewateren en in de openbare riolen (B.S., 4 december 1985)
- KONINKLIJK BESLUIT van 30 maart 1987 tot vaststelling van de sectoriële voorwaarden voor de lozing, in de gewone oppervlaktewateren en in de openbare riolen, van afvalwater dat kwik bevat en afkomstig is van bedrijven behorende tot andere sectoren dan de electrolyse van alkalichloriden (B.S. 11 april 1987)

- KONINKLIJKE NEDERLANDSE CHEMISCHE VERENIGING; Kwik, Chemische feitelijkheden, 008, 1983
- MASSART, D., DEELSTRA, H. en HOOGEWIJS, G.; Vreemde stoffen in onze voeding, Monografieën Leefmilieu Nu, De Nederlandsche Boekhandel, Kapellen, 1986
- MATHESON, D.H.; Mercury in the atmosphere and in precipitation, in : The biochemistry of mercury in the environment, Topics in environmental health, vol. 3, 1979
- MILLS, A.; Mercury and crematorium chimneys, brief in Nature, 16 augustus 1990
- MINING ANNUAL REVEIW; 1988
- Ministeriële Verklaring van de Derde Internationale Conferentie over de Bescherming van de Noordzee, Den Haag, 8 maart 1990
- MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP; Milieubeleidsplan en natuurontwikkelingsplan voor Vlaanderen, Voorstellen voor 1990-1995, 1990
- MINISTERIE VAN EKONOMISCHE ZAKEN; niet gepubliceerde gegevens, 1990
- MINISTERIE VAN LANDBOUW; Lijst der Erkende Fytofarmaceutische producten en hun gebruik, 12de editie, Brussel, 1988
- MINISTERIE VAN LANDBOUW; niet gepubliceerde gegevens, 1990
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN LEEFMILIEU, De Algemene Farmaceutische Inspectie; 1989
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN LEEFMILIEU, Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, Meetnet van de kwaliteit van de Belgische oppervlaktewateren in 1989
- MOORE, J.W. en RAMAMOORTHY, S.; Heavy Metals in Natural Waters, Applied Monitoring and Impact Assessment, Springer Series on Environmental Management, 1984
- NRIAGU, J.O.; The biogeochemistry of mercury in the environment, Canada Centre for Inland Waters, Canada, 1979
- Offshore visie; augustus 1989
- OPENBARE AFVALSTOFFENMAATSCHAPPIJ VOOR HET VLAAMSE

GEWEST; Ontwerpafvalstoffenplan 1991-1995, mei 1990

- OPENBARE AFVALSTOFFENMAATSCHAPPIJ VOOR HET VLAAMSE GEWEST; persoonlijke informatie, 1988
- Overeenkomst houdende aanpassing van de gedragscode tot het verminderen van de hoeveelheid kwik in primaire batterijen die in België op de markt worden gebracht, 1990
- PERSKONFERENTIE, Kabinet van de Staatssekretaris voor Leefmilieu en Maatschappelijke Emancipatie, Voorstelling van een gedragscode tot het verminderen van de hoeveelheid kwik in primaire batterijen die in België op de markt worden gebracht, 1988
- PERSKONFERENTIE, Kwik en Leefmilieu : overzicht van de problematiek, Het beleid van Staatssekretaris Mevrouw M. Smet, 1990
- PITREBOIS, L. and DE SCHEPPER, H., IHE, A micro method for chemical oxygen demand of highly saline waters by a semi-automated and titrimetric method, in : Trib. Cebedeau, nr. 484, 37, pp. 83-86, 1984
- REIMANN, D.O.; Schwermetallreduzierung im Rauchgaswasser durch TMT 15-Zugabe-Erfahrungen auf dem MHKW Bamberg, Müllverbrennung und Rauchgasreinigung (Thomé-Kozmiensky ed.), Berlin, EF-Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, 1987a (vermeld door Van Craen, 1988)
- REIMANN, D.O.; Abwasserbehandlung aus Müllverbrennungsanlagen, Müll und Abfall, 19 (1), 1987b (vermeld door Van Craen, 1988)
- RINGELE, A. en DE BRABANDER, K.; Evolutie van de waterkwaliteit van de Schelde in de periode 1977-1985, Water, nr. 30, september/oktober 1986
- SALOMONS, W. en FORSTNER, U.; Metals in the Hydrocycle, Springer-Verlag, 1984
- Second International Conference on the Protection of the North Sea, Quality Status of the North Sea, volume 1, Contribution from Belgium, London, 24-25 november 1987
- STAATSSEKRETARIAAT VOOR LEEFMILIEU; Statusrapport, Leefmilieu in België, nu en morgen, 1990
- SWEDISH NATIONAL ENVIRONMENTAL PROTECTION BOARD, Report on Mercury and Cadmium in batteries, stockholm, 1983 (vermeld door Witte, 1984)
- TECHNISCHE WERKGROEP (TWG) van het Verdrag van Parijs

- * TWG 17/15/1 Edinburgh, 19-23 march 1990
Proposal from Sweden concerning mercury switches
- * TWG 17/5/5 Edinburgh, 19-23 march 1990
Mercury discharges from the chloralkali industry, 1988
- * TWG 17/17/3 Edinburgh, 19-23 march 1990
Assessment of data submitted for temporal trend analysis : cadmium, copper, lead, zinc, gamma-HCH, PCB's and CB153 in biota plus mercury in the blue mussel
- * TWG 17/18/3 Edinburgh, 19-23 march 1990
Overviews on contaminants in the marine environment
- TEMMERMAN, E.; Bepaling van Anorganisch Kwik met behulp van Koude Damp-Atoomabsorptiespectrometrie, Proefschrift ingediend tot het bekomen van de graad van Doctor in de Wetenschappen, RUG, 1988
- TEMMERMAN, I.; De kwaliteit van het Scheldesediment, Water, nr. 43, november/december 1988
- UNEP; Environmental Aspects of Iron and Steel Production, A Technical Review, 1986
- VAN AALST, R.M., ARDENNE, R.A.M., DE KREUK, J.F. en LEMS, Th.; Pollution of the North Sea from the atmosphere, Report No. CI 82/152, TNO, Delft, 1983
- VANACKER, L.; Marktprospectie van Compost in het kader van de Recyclage van Organische Afvalstoffen, Seminarie voor Survey en Ruimtelijke Planning, Gent, 1978
- VAN ALSENOY, V., ARAUJO, F., BERNARD, P. en VAN GRIEKEN, R.; Toestand betreffende de verontreiniging van mariene en estuariene sedimenten door metalen van de zwarte en grijze lijst, Eindrapport Contract BH/87/25, 1988
- VAN ALSENOY, V., BERNARD, P. en VAN GRIEKEN, R.; Zware metalen in Noordzee- en Schelde-sedimenten, Water, nr. 51, maart/april 1990
- VAN CRAEN, L.; Zware metalen in huishoudelijke afvalstromen, Afstudeerwerk voorgedragen tot het behalen van de graad van Ingenieur in de Milieusanering, RUG, Academiejaar 1987-1988

- VAN DER KOOIJ, L.A.; De waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, 1982
- VAN JAARSVELD, J.A., VAN AALST, R.M. and ONDERDELINDEN, D.; Deposition of metals from the atmosphere into the North Sea : model calculations, RIVM, Bilthoven, Report 842015002, 1986
- VERDRAG VAN PARIJS ter voorkoming van de verontreiniging van de zee vanaf het land, wet van 7.09.1983, B.S., 20.03.1984
- VMZ, 1990, interne informatie
- VYNCKE, W. et al.; Evolutie van de gehalten aan zware metalen en PCB's in kabeljauw, bot, garnaal en mossel van de Belgische kustwateren, Agricontact, nr. 218, juni 1990
- WAQUE, W.P.G.M.; De invloed van huisvuilverbrandingsinstallaties op hun omgeving, Lucht en omgeving, p. 118-123, 1984 (vermeld door Van Craen, 1988)
- WARMENHOVEN, J.P., DUISER, J.A., DE LEU, L. en VELDT, C.; De bijdrage van atmosferische depositie aan de verontreiniging van de Noordzee en de Waddenzee, Lucht en omgeving, juni 1990
- WERKGROEP OVER DE ATMOSFERISCHE INBRENG VAN POLLUENTEN (ATMOS) van het Verdrag van Parijs
 - * ATMOS 8/info 18 Bilthoven, 7-9 novembre 1990
 Les émissions de mercure dans l'atmosphere en France
- WET van 22 juli 1974 op de giftige afval (B.S., 1 maart 1975)
- WITTE, F.; Afvalstroom uit batterijen, Groningen, Chemiewinkel, Rijksuniversiteit Groningen, 1984
- YOUNG, D.R., JOHNSON, J.N., SOUTAR, A. en ISAACS, J.O.; Mercury concentrations in dated varved marine sediments collected off south California, Nature, Cond., nr. 244, p. 273-275, 1973

12. LIJST VAN FIGUREN

- 1 : Biologische cyclus van kwik
- 2 : Schematisch overzicht van het transport van spore-elementen in de hydrologische cyclus
- 3 : Concentraties kwik in de Belgische oppervlaktewateren, 1988-1989
- 4 : Longitudinale kwikprofielen in de Schelde in België voor de periodes 77-79, 80-82, 83-85, 85
- 5 : Monsternameplaatsen voor het bepalen van de kwikconcentraties in het zeewater aan de Belgische kust en in het Schelde-estuarium in het kader van JMP
- 6 : Ligging van de meetpunten op de Westerschelde (Temmerman, 1988)
- 7 : Kwikgehalten in de waterige fase en op de gesuspendeerde deeltjes (beiden in ng/l) in functie van de afstand van de meetpunten op de monding, op 22.10.1986
- 8 : Verband tussen het kwikgehalte en de fraktie $< 63 \mu\text{m}$ bij sedimenten

13. LIJST VAN TABELLEN

- 1 : Relatieve aanwezigheid (%) van anorganische kwikverbindingen in zeewater en estuarien water
- 2 : Achtergrondgehalten van kwik in het milieu
- 3 : Invoer in België van kwikmetaal uit het buitenland (in kg)
- 4 : Uitvoer uit België van kwikmetaal (in kg)
- 5 : Invoer in België van kwikoxiden (in kg)
- 6 : Invoer in België van kwiksulfaat (en loodsulfaat) in kg
- 7 : Konsumptie van kwik en kwikverbindingen in België (in kg)
- 8 : Import van de fosfaatertsen in de EEG (in miljoen ton)
- 9 : Samenstelling van de verschillende soorten poeders met de bijhorende dosis kwik
- 10 : Het aantal ter ijking aangeboden koortsthermometers in functie van de tijd
- 11 : Schatting van het verbruik van lampen in het Vlaams Gewest
- 12 : Bestaande types batterijen en hun kwikgehalte
- 13 : Eigenlijke reductie van de kwikemissie (in kg) door batterijen in 1990 ten opzichte van 1987
- 14 : Overzicht van het gebruik van kwik en het vrijkomen van kwik in de chlooralkali-industrie van de lidstaten van de Parijse Commissie in 1988
- 15 : Verschil tussen de kwikemissies in de chlooralkali-industrie in 1985 en 1989
- 16 : De hoeveelheid gebruikte schroot en de staalproductie in de siderurgie
- 17 : Vervangingen van lampen langs de Rijkswegen in Vlaanderen
- 18 : Vervangingen van lampen in de dorpskommen in Vlaanderen
- 19 : Bronnen van kwik in huishoudelijk afval
- 20 : Evolutie van de verwerkte hoeveelheden huisvuil in Vlaanderen
- 21 : Berekening van de hoeveelheid kwik in huisvuil en de reductie ten opzichte van 1985
- 22 : Hoeveelheid afgezet slib per eindbestemming in het Vlaams Gewest in 1989
- 23 : Steenkoolkonsumptie (in 1.000 ton) en kwikemissies in de atmosfeer (in kg) in 1989 door de aanwending van steenkool, enerzijds berekend met een concentratiefactor en anderzijds met een emissiefactor
- 24 : Samenvattende tabel van het gebruik, de luchtemissie, de wateremissie en het afval dat ontstaat door het gebruik van kwikverbindingen
- 25 : De totale input (alle bronnen) in de Noordzee in 1985 in ton kwik per jaar
- 26 : Gemiddelde jaarlijkse kwikvrachten in ton/jaar voor de verschillende inputpunten in de Noordzee
- 27 : Kwikvracht in de Schelde

- 28 : Schatting van de belasting van de Westerschelde in 1981 door diverse bronnen in ton/jaar
- 29 : Totale hoeveelheid Belgische industriële afvalstoffen gestort in de Noordzee in ton tussen 1985 en 1989
- 30 : Transport van kwik in de hoeveelheid gebaggerd materiaal in 1988-'89
- 31 : Gemiddelde kwikconcentraties in $\mu\text{g/l}$ in zeewater aan de Belgische kust
- 32 : Gemiddelde kwikconcentraties in het zeewater aan de Belgische kust, gegeven per station (totaal Hg, $\mu\text{g/l}$)
- 33 : Gemiddelde kwikconcentraties in $\mu\text{g/l}$ in het Schelde-estuarium op Belgisch grondgebied
- 34 : Gemiddelde kwikconcentraties in het Schelde-estuarium, gegeven per station (totaal Hg, $\mu\text{g/l}$)
- 35 : Kwikconcentraties in $\mu\text{g/l}$ in de Westerschelde in 1986
- 36 : Kwikconcentraties in de sedimenten in ng/g drooggewicht
- 37 : Gemiddelde kwikconcentraties (bulk) in de sedimenten (ppb) met standaarddeviatie
- 38 : Richtwaarden voor kwik in biota
- 39 : Evolutie van de gemiddelde gehalten aan kwik in bot, kabeljauw, garnaal (mg/kg nat gewicht) en mosselen (mg/kg droog gewicht) tussen 1976 en 1988
- 40 : Evolutie van de gemiddelde gehalten aan kwik in de lever van bot en kabeljauw (mg/kg nat gewicht) tussen 1978 en 1988
- 41 : Grenswaarden voor de emissie in mg/Nm^3 in functie van de nominale capaciteit van de nieuwe verbrandingsinstallaties
- 42 : Grenswaarden voor de emissie in mg/Nm^3 in functie van de nominale capaciteit van de bestaande verbrandingsinstallaties
- 43 : Sektoriële voorwaarden voor kwiklozingen in oppervlaktewateren en uitgedrukt in verontreinigingsvracht (chlooralkali-industrie)
- 44 : Sektoriële voorwaarden voor kwiklozingen in oppervlaktewateren en uitgedrukt in concentratie (chlooralkali-industrie)
- 45 : Sektoriële voorwaarden voor de lozing van kwikhoudend afvalwater afkomstig van bedrijven behorende tot andere sectoren dan de elektrolyse van alkalichloriden
- 46 : Referentievolumes gebruikt in de sektoriële lozingsvergunningen voor de verschillende industriële sectoren
- 47 : Sektoriële voorwaarden voor het lozen van afvalwater afkomstig van de sektor van de laboratoria
- 48 : Maximum toegelaten gehalte kwik in mg/kg voeder
- 49 : Schatting van de bereikte reducties tussen 1985 en 1990

